



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

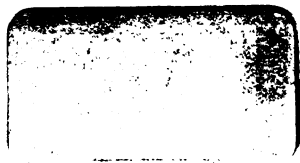
1922

QL  
805  
H4

UC-NRLF



B 3 889 112







# LEBENSKUNDE

3. Band



# LEBENS KUNDE

GEMEINVERSTÄNDLICHE ABHANDLUNGEN  
AUS DEM GEBIETE DER WISSENSCHAFT VOM LEBEN

Herausgegeben von

DR. WALTER STEMPELL

ord. Professor der Zoologie, vergl. Anatomie und Physiologie  
zu Münster i. W.

BAND 3

## DER BAUPLAN DES TIERKÖRPERS

IM ZUSAMMENHANG MIT DER UMWELT

VON

DR. FRIEDRICH HEMPELMANN

a. o. Professor am Zoologischen Institut der Universität Leipzig



MIT 80 z. T. BISHER UNVERÖFFENTLICHTEN  
ABBILDUNGEN

E. A. SEE M A N N / L E I P Z I G



TO THE  
LIBRARY OF

QL805  
H4

BIOLOGY  
LIBRARY  
G

Copyright by E. A. Seemann, Leipzig 1922  
Druck der Spamerschen Buchdruckerei, Leipzig — Ätzungen  
von Kirstein & Co., Leipzig

## Einleitung.

Wie kommt es, daß die einzelnen Tierstämme voneinander verschiedene Baupläne aufweisen?

Überall auf unserem Planeten treffen wir tierische Organismen an. Es gibt wohl kaum einen Ort, wo nicht irgendwelches tierische Leben in irgendwelcher Form vorhanden wäre. Und wie verschieden sind dabei die Verhältnisse, unter denen die betreffenden Tiere leben müssen. Mit welcher unübersehbarer Mannigfaltigkeit von Erscheinungen der Dinge und Vorgänge um sie her haben sie sich abzufinden. Wie mannigfach und unterschiedlich sind die Aufgaben, die sie zu bewältigen haben, um sich am Dasein zu erhalten, um ihr Leben nicht nur zu fristen, sondern um sich auch noch zu vermehren, oft sogar noch für die Brut zu sorgen. Dieser ungeheuren Mannigfaltigkeit der äußeren Bedingungen, welche notgedrungen auf die tierischen Organismen einwirken, entspricht nun auch eine ebenso große Mannigfaltigkeit der Formen, unter denen uns das tierische Leben erscheint. Es ist so gut wie sicher, daß wie das Leben überhaupt, so auch das tierische Leben zu einem bestimmten Zeitpunkt während der Entwicklungsgeschichte unseres sich allmählich abkühlenden Planeten entstanden ist. Und es spricht vieles dafür, daß die relativ einfachen Formen, die vor jenen Jahrmlionen die einzigen tierischen Lebewesen waren, sich in ihrem Bau nicht allzu wesentlich voneinander unterschieden haben, denn die Bedingungen, unter denen sie lebten, waren wohl überall nicht viel verschieden voneinander auf der jungen Erde. Wir wissen ferner, daß die heutige Tierwelt durch einen über jenen im Verhältnis zur Dauer unseres eignen Lebens, ja zu der kurzen Spanne geschichtlicher Überlieferung des Menschen, ungeheuren Zeitraum sich erstreckenden allmählichen Entwicklungsprozeß aus diesen ersten, einfachen tierischen Organismen hervorgegangen ist. Gleichzeitig hat sich das Antlitz der Erde wieder und wieder verändert. Wo in der einen Erdperiode festes Land war, flutete in der nächsten ein tiefes Meer. Gebirge wurden aufgetürmt und wieder abgetragen. Gewaltige vulkanische Eruptionen brachen katastrophenartig über ganze Landstriche herein.

Das Klima ganzer Zonen änderte sich. Auf warme Epochen folgten kalte, in denen große, vorher etwa mit einer üppigen Vegetation bedeckte Gebiete unter dem Eis riesiger Gletschermassen erstarrten. Und während dieses ewigen Wechsels nahm auf unserer Erde die Entwicklung der Tiere ihren Verlauf. Durch gewaltige, unüberschreitbare Gebirgswälle, durch einbrechende Wassermassen wurden die Bewohner ehemals einheitlicher Festländer, durch auftauchende Landbarrieren die Bewohner ehemaliger, zusammenhängender großer Meeresteile voneinander getrennt. Langsam und sehr allmählich ging das alles vor sich, selten nur plötzlich und katastrophal. So gelangten die einen Tierformen unter andersartige Lebensbedingungen als die andern, sie mußten sich den neuen Verhältnissen anpassen und wandelten sich dabei in diesem langsamen Prozeß allmählich mehr und mehr um. So entstand schließlich der große Formenreichtum, den wir bei den heute lebenden Tieren antreffen. Was sich nicht anpassen, was die Umwandlung nicht mitmachen konnte, ging in dem Kampf ums Dasein unter.

Die Gesamtheit der äußeren Erscheinungen und Vorgänge, mit welchen die Tiere in Berührung kommen und welche notwendigerweise in irgendeiner Art auf dieselben einwirken, bildet die Umwelt der Tiere. Diese Umwelt ist also gemäß den Besonderheiten der einzelnen Teile der heutigen Erdoberfläche eine äußerst verschiedenartige. Das hohe Meer, die Uferzone, Salzwasser und Süßwasser, das feste Land, der unermessliche Luftozean, Gegenden unter der heißen Äquatorsonne, in gemäßigten Breiten wie in den schnee- und eisreichen kalten Zonen, bieten einer entsprechend gestalteten Tierwelt die Bedingungen für das Leben. Wie wir eben sahen, sind die Tiere dieser jeweiligen Umwelt angepaßt in ihrer äußeren Form, in ihrem ganzen Körperbau, in der Beschaffenheit ihrer Organe. Obwohl uns also demgemäß ein unendlicher Reichtum der verschiedensten Gestalten in der Tierwelt entgegentritt, so finden wir doch bei aufmerksamer Betrachtung, daß in dieser schier chaotisch erscheinenden Fülle der Formen gewisse Grundzüge im Bau der Tiere wiederkehren. Wir erkennen bestimmte, sich regelmäßig bei einer großen Anzahl von Tieren in gleicher Weise wiederholende gleichsam fundamentale Richtlinien im Aufbau des Körpers, in der Anordnung der einzelnen Teile, also gewissermaßen typisch erscheinende Formen, unter denen sich die betreffenden Tiere uns darbieten. Das ist ja auch der Grund, weshalb es möglich gewesen ist, die Angehörigen des gesamten Tierreiches auf eine bestimmte Anzahl von Stämmen zu verteilen, von denen als bekannteste und größte

genannt seien: die Einzelligen (Protozoa), die Schwämme (Porifera), die Hohltiere (Coelenterata), die Würmer (Vermes), die Gliederfüßer (Arthropoda), die Weichtiere (Mollusca), die Muschellinge (Molluscoidea), die Stachelhäuter (Echinodermata), die Manteltiere (Tunicata) und die Wirbeltiere (Vertebrata). Das, was uns veranlaßt, bestimmte Tiere in einem dieser Stämme zu vereinigen, ist der trotz aller etwaigen äußeren Formverschiedenheit doch immer nachweisbare gemeinsame Bauplan, die gemeinsame Grundidee gewissermaßen, die dem Aufbau und der Gestaltung ihres Körpers zugrunde liegt. Wir sahen eben, daß die Tierwelt sich aus einfachen, ziemlich gleichartigen Formen zu der heutigen Mannigfaltigkeit entwickelt hat. Es besitzt das tierische Leben (ebenso wie das pflanzliche) also die Fähigkeit, unter dem Einfluß veränderter äußerer Bedingungen seine ursprüngliche Form im weitesten Maße abzuändern, umzuwandeln, sich den äußeren Bedingungen, seiner jeweiligen Umwelt anzupassen. Diesem gleichsam revolutionären Element im lebenden tierischen Organismus wirkt nun aber eine mindestens ebenso starke konservative Eigenschaft entgegen, die mit einer kaum vorstellbaren Zähigkeit den bestehenden Zustand zu erhalten sucht. Ihr ist es zu verdanken, daß gemeinsame Grundzüge über weite Gebiete des Tierreichs gleichsam festgelegt sind und trotz allem Wechsel der äußeren Bedingungen erhalten bleiben. Aus dem Vorhandensein der anderen, der modernisierenden Fähigkeit dagegen, läßt sich verstehen, daß es entgegen der Tendenz des konservativen Prinzips nicht nur einen einzigen, sondern viele verschiedene Baupläne gibt. In zähem Kampfe ringt diese Anpassungsfähigkeit dem konservativen lebenden Organismus langsam neue Gestaltungen ab, bis diese sich nach langen Zeiträumen nun auch wieder gefestigt haben. Das Leben des einzelnen Individuums aber spielt sich selbst innerhalb einer Zeitspanne ab, in der es uns erst als Jugendform, dann als erwachsene Form entgegentritt. Es sind immer zunächst die Formen des erwachsenen Stadiums, welche einer Abänderung unterliegen. Am längsten bewahren die jugendlichen, lebenskräftigsten Zustände die altüberlieferten Formen. Erst viel später und unvollkommener dringt die Umwandlung auch in diese ein. Das ist der Grund, weswegen Haeckel sein biogenetisches Grundgesetz aufstellen konnte, das da besagt, die Entwicklungsgeschichte des einzelnen Individuums ist eine kurze Wiederholung seiner Stammesgeschichte.



# Inhalt.

|  |    |
|--|----|
| Einleitung . . . . .   | 5  |
| Wie kommt es, daß die einzelnen Tierstämme voneinander ver-<br>schiedene Baupläne aufweisen? |    |
| I. Die Grundformen des Tierkörpers . . . . .   | 11 |
| a) Die allseitig-symmetrische Grundform . . . . .  | 11 |
| b) Die monaxone Form . . . . .   | 14 |
| c) Die radiär-symmetrische Form . . . . .  | 16 |
| d) Die disymmetrische Form . . . . .   | 21 |
| e) Die Entstehung des Nervensystems und der Sinnesorgane . . . . .                           | 25 |
| f) Die bilateral-symmetrische Form . . . . .   | 29 |
| Kopfbildung . . . . .  | 39 |
| Metamerie . . . . .  | 40 |
| Homonome Segmentierung . . . . .   | 40 |
| Heteronome Segmentierung. Regionenbildung . . . . .  | 41 |
| Gliedmaßen . . . . .   | 44 |
| g) Die asymmetrische Form . . . . .  | 50 |
| h) Sekundäre und tertiäre Formen . . . . .   | 55 |
| II. Anpassungen des Bauplanes an eine besondere<br>Umwelt . . . . .                          | 67 |
| a) Das Wasser als umgebendes Medium . . . . .  | 67 |
| b) Die Luft als umgebendes Medium . . . . .  | 68 |
| c) Der Einfluß der Umwelt auf einzelne Organe . . . . .                                      | 69 |
| Die Sinnesorgane als Vermittler zwischen Umwelt und<br>Tierkörper . . . . .                  | 70 |



## I.

### Die Grundformen des Tierkörpers.

Neben den Bauplänen, die den einzelnen Stämmen der Tiere zugrunde liegen, gibt es nun noch ursprünglichere, elementarere Züge in dem Aufbau und der Gestaltung des Tierkörpers, die sogenannten *Grundformen*, die jenen Bauplänen gewissermaßen untergelegt sind.

#### a) Die allseitig-symmetrische Grundform.

Die einfachste Grundform, die wir uns für einen Körper vorstellen können, die mathematisch einfachste Form, ist die *kugelige*.

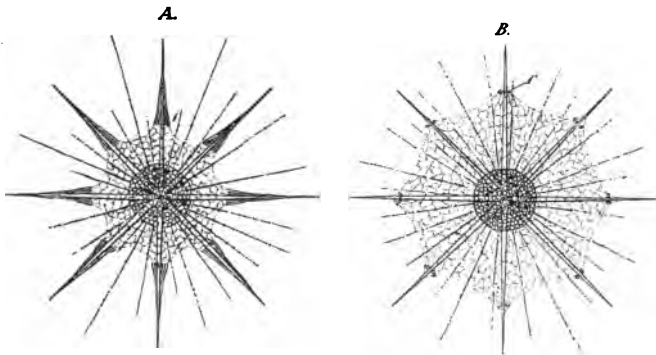


Abb. 1. Ein Radiolar (Acanthonia tetracopa J. Müll). *A* = mit eingezogenem, *B* = mit ausgespanntem Gallertmantel. *I* = erschlaffte, *i'* = kontrahierte muskelartige Fäden. (Nach Schewiakoff aus Hesse - Doflein.)

Es lassen sich beliebig viele Achsen durch solch einen Körper legen, die alle einander gleich und auch gleichwertig sind. Jede Ebene, in der eine dieser Achsen liegt, teilt den Körper in zwei gleiche, kongruente Hälften. Man nennt solche Körper daher auch allseitig-symmetrisch. Diese kugelige Form ist nun tatsächlich bei einer Anzahl von tierischen Organismen verwirklicht. Und zwar sind es von den einzelligen Tieren die meisten Radiolarien (Abb. 1) und



die **Sonnentierchen** (Heliozoa, Abb. 2 und 3), welche einen allseitig-symmetrischen Körper besitzen, beide ausgezeichnet durch ein feines



Abb. 2. Das Sonnentierchen (*Actinosphaerium eichhorni*) mit Nahrungsballen im Innern. (Vergr. 160.)

Skelett aus Kieselsäure, das in Gestalt regelmäßig verteilter, radiär stehender Nadeln oder mehr oder weniger komplizierter Gitterkugeln angeordnet ist. Die Radiolarien leben ausschließlich im Meere, die Heliozoen ausschließlich im Süßwasser, wo sie freischwebend mit feinsten Protoplasmafortsätzen (Pseudopodien) ihre Nahrung gewinnen. Diese Lebensweise bedingt es, daß die Umwelt dieser Tiere ringsum, auf allen Seiten ihres Körpers, eine gleichartige ist. Überall befindet sich immer nur das

stets unveränderte See- bzgl. Süßwasser. Besonders von den Radiolarien gilt es, daß sie normalerweise niemals mit einem festen

Gegenstand, etwa mit dem Bodengrund ihres Aufenthaltsortes, in Berührung kommen. Dem allseitig gleichartigen Medium, in dem sie schweben, entspricht sonach ihre allseitig-symmetrische Körperform durchaus. Es gibt kein Vorn und Hinten, kein Oben und Unten, kein Rechts und Links für diese Tiere, die sich auch kaum aktiv vorwärts bewegen und die ihre Nahrung mit der Körperstelle aufnehmen, welche zufällig gerade mit ihr in Berührung gekommen ist.

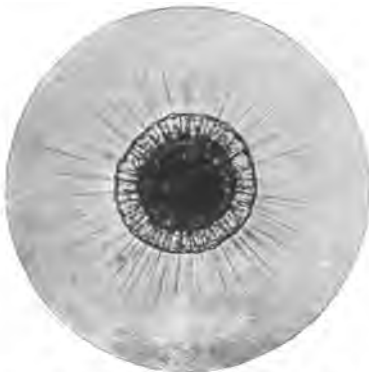


Abb. 3. Das Sonnentierchen (*Actinosphaerium eichhorni*) mit aufgenommenen Kieselalgen. (Vergr. 100.)

Obwohl diese allseitig-symmetrische Form die mathematisch einfachste erscheint, ist sie wohl sicher nicht die ursprünglichste Form unter der tierische Organismen und Urlebewes

getreten sind. Die Annahme, daß die ursprünglichsten Lebewesen in einer fernen Erdperiode an der Grenze von Wasser und Land entstanden sind, hat viel Wahrscheinlichkeit für sich. Und wenn das der Fall ist, so erscheint es am natürlichsten, daß diese Organismen zunächst gestaltlos, amorph, gewesen sind. Und da sie am Boden der Uferzone lagen, so waren sie flächenhaft ausgebreitet. Die meisten der Urtiere sind von da aus zu anderen Grundformen gekommen, wie wir nachher noch sehen werden. Allerdings wird die kugelige Form auch heute noch von einer beträchtlichen Zahl von Einzelligen wenigstens vorübergehend angenommen. Die meisten der sogenannten Ruhezustände der Protozoen weisen diese Form auf, wenigstens äußerlich, wenn auch im Innern des Zelleibes infolge des andersartigen Aufbaues desselben die Sym-

metrie wohl gestört sein mag. Viele der sonst ohne eine bestimmte, feste Gestalt umherkriechenden Amöben ziehen sich auf eine starke Reizung hin kugelig zusammen. Ins freie Wasser geraten lassen sie sich zu Boden sinken, indem sie gleichmäßig nach allen Seiten radiäre Scheinfüßchen aussenden.

Wir treffen auch unter den mehrzelligen Tieren, wenigstens in gewissen Altersstufen, noch kugelige Formen an, doch zeigt hier ein genaueres Zusehen, daß sie nur scheinbar allseitig-symmetrisch sind. Das ist auch der Fall bei den gewissermaßen einen Übergang von Einzelligen zu Vielzelligen bildenden, allerdings den Pflanzen näherstehenden kugelförmigen Kolonien der Kugelalgen oder Volvazineen. Bei oberflächlicher Betrachtung eines solchen Volvox sehen wir da eine große Zahl von genau wie typische Flagellaten (Geißel-

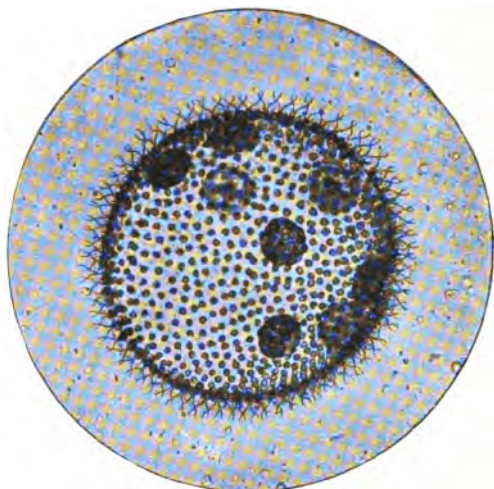


Abb. 4. Die kugelförmige Kernalge (*Volvox aureus*) mit Tochterkolonien. (Vergr. 130.)

tierchen) aussehenden gleichartigen Zellen in der Oberfläche einer Kugel angeordnet, die rotierend frei durch das Wasser schwimmt (Abb. 4 und 5). Die genauere Untersuchung aber zeigt, daß hier die Zellen alle in bestimmten Symmetrieverhältnissen zu einer Hauptachse angeordnet sind, so daß eben keine allseitige Symmetrie vorliegt. Immerhin aber sehen wir, daß die gleiche Lebensweise, freies Schweben im allseitig gleichartigen Medium, auch hier wenigstens

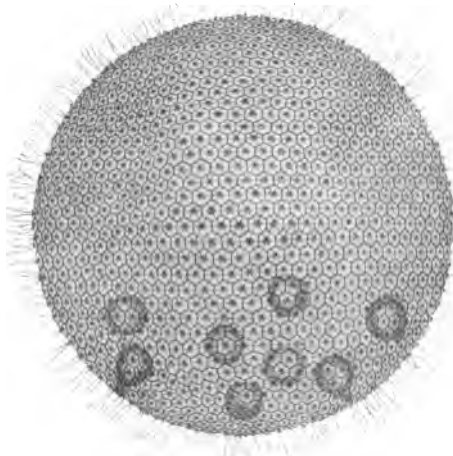


Abb. 5. Kugeltierchen (*Volvox aureus*) mit Eiern.  
(Aus Hesse-Doflein.)

äußerlich die Kugelgestalt bedingt hat. Ähnliche Verhältnisse, kugeligen Bau und nur scheinbare allseitige Symmetrie, finden wir bei dem sehr frühen Entwicklungsstadium der meisten Metazoen, das man als Blastula (Abb. 6 und 8) bezeichnet. Auch unter diesen Jugendformen kommen diejenigen, die frei im Wasser zu schweben pflegen, der allseitig-symmetrischen Form am nächsten.

#### b) Die monaxone Form.

Der Übergang von den Protozoen zu den vielzelligen Tieren bedeutet auch in bezug auf den Bauplan einen großen Sprung. Während bei jenen der ganze Körper mit allen seinen Teilen aus einer einzigen Zelle besteht, baut er sich bei diesen, wie schon ihr Name besagt, aus vielen Zellen auf. Die damit einhergehende Arbeitsteilung unter den Zellen bedingt nun das Auftreten von Organen, indem sich die Zellen gleicher Arbeitsleistung in Gruppen zusammenlegen. Bei den primitiven Metazoen sind diese recht einfach und in geringer Zahl vorhanden. Bald aber nehmen sie zu an Zahl und zugleich wird ihr Aufbau selbst immer komplizierter. Die Arbeitsteilung greift immer weiter durch, so daß die einzelnen Lebenstätigkeiten des gesamten Organismus schließlich auf bestimmte Organe verteilt

sind. Es gehören dann bestimmte Organe, und zwar in einer bestimmten Anordnung im Verhältnis zum Ganzen, stets mit in den Bauplan der Tiere.

Ist die Annahme richtig, daß Anhäufungen von Protozoen zu Kolonien und besonders zu kugeligen Kolonien, wie wir solche in den Volvazineen und Volvox auch heute noch repräsentiert sehen, ohne daß diese modernen Kugelalgen etwas mit jenen Urformen zu tun haben, zur Entstehung der Metazoen führten, so mußten sich daraus weitere Folgerungen ergeben. Bewegte sich nämlich eine solche Zellenkugel etwa so wie Volvox um eine bestimmte Achse rotierend durch das Wasser, so gelangte gemäß den wirksam werden den physikalischen Gesetzen die durch den Geißel- oder Wimperschlag der Zellen mit dem Wasser herbeigestrudelte, etwa aus kleinsten Lebewesen, Bakterien oder einzelligen Organismen bestehende Nahrung der Kolonie vornehmlich an deren Rückseite. Es wurde somit die vorher als ringsum gleichartig angesehene Umwelt der bis dahin gleichartigen Zellen einer solchen Kugel nunmehr ungleichartig. Die bei der Schwimmbewegung vorn befindlichen Zellen hatten kaum noch Gelegenheit, Nahrung aufzunehmen, während die auf der entgegengesetzten Seite liegenden Zellen solche in reichlichem Maße erhielten, vorausgesetzt, daß überhaupt Nahrung vorhanden war. So gab es sich wohl ganz von selbst, daß eine Art Arbeitsteilung unter den Zellen einer solchen Kugel Platz griff, in der Weise, daß etwa die einen Zellen mit ihren Geißeln oder Wimpern dauernd die Vorwärtsbewegung der Kolonie besorgten, die anderen dagegen sich ausschließlich der Nahrungsaufnahme widmeten und jenen von ihrem Überfluß abgaben, gewissermaßen als Entschädigung dafür, daß sie von jenen mit fortbewegt wurden. So entstanden an der

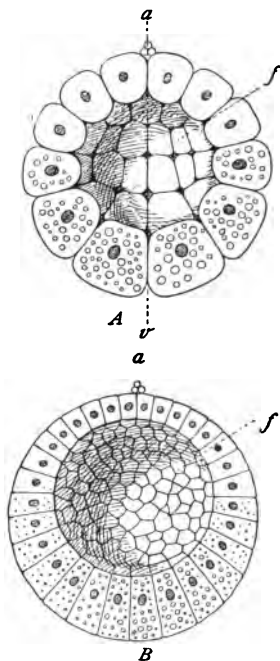


Abb. 6. Zwei Blastulastadien, schematisch, aus der Entwicklung von Metazoen. *a* = animaler Pol mit den Richtungskörperchen, *v* = vegetativer Pol, *f* = Furchungshöhle. (Nach Heider.)

Hauptachse der Kugel zwei verschiedenartige Pole, einer, um den die Fortbewegungszellen geschart waren, und einer, um den herum die Ernährungszellen saßen. Die reichliche Menge der Nahrung einerseits und die Notwendigkeit, viel Nahrung aufzunehmen zur Versorgung der zahlreichen Bewegungszellen, brachte es mit sich, daß sich die Fläche der Kugel um den hinteren, den vegetativen Pol abplattete, ja mehr und mehr ins Innere der Kugel einstülpte,

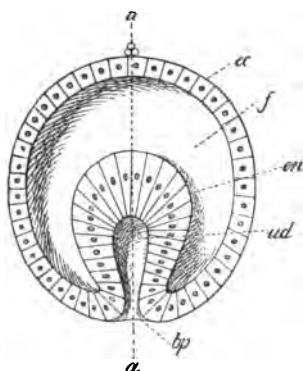


Abb. 7. Durch Einstülpung aus einer Blastula hervorgegangene Gastrula. *a-a* = Symmetrieachse, *ec* = äußeres, *en* = inneres Keimblatt, *f* = Furchungshöhle, *ud* = Urdarm, *bp* = Urmund. (Nach Heider.)

da auf diese Weise erreicht wurde, daß die Ernährungszellen an Zahl zunahmen und sich über eine große Fläche ausbreiten konnten, ohne daß die für die Bewegung des Ganzen doch so wichtigen Wimper- oder Geißelzellen von der Kugeloberfläche verdrängt wurden. Die Einflüsse der Umwelt hätten hier also tatsächlich einen neuen Bauplan geschaffen, eine *monaxone Form*, ausgezeichnet durch eine Hauptachse, durch die sich beliebig viele Symmetrieebenen legen lassen, die aber zwei verschiedene, ungleichwertige Pole besitzt, den Scheitelpol und den gegenüberliegenden Mundpol. Denn die Öffnung, die in die geschilderte Einstülpung auf der Hinterseite der Kolonie hineinführt, müssen wir nun als den

Mund, den Urmund bezeichnen, den eingestülpten Teil der Oberfläche mit den Ernährungszellen aber als Urdarm oder Urmagen, da ja in ihm die Nahrungsaufnahme stattfindet. Haeckel hat nun angenommen, daß es einst Wesen vom Typus eines derartigen „Urmagentieres“ (*Gastraea*) gegeben habe, aus denen sich dann durch Weiterdifferenzierung die Metazoen entwickelten. Er wurde zu dieser Annahme geführt durch die Tatsache, daß die Metazoen in ihrer Entwicklung alle ein Stadium durchmachen, das Gastrula (Abb. 7, 8 und 9) genannt, jener hypothetischen Urform, der *Gastraea*, mehr oder weniger gleicht.

### c) Die radiär-symmetrische Form.

Betrachten wir die einfachsten Metazoen, die Hohltiere, so sehen wir, daß auch diese sich nicht weit von dem entworfenen

Schema entfernen. Aber es sind noch ein paar Komplikationen hinzugekommen, so daß wir für sie einen besonderen Bauplan, die *radiär-symmetrische Form* feststellen können. In unseren Gewässern sind weitverbreitet die kleinen, meist weniger als 2 cm langen, dabei zwirnsfadendünnen Süßwasserpolyphen der Gattung Hydra (Abb. 10 und 11). Ein solches Tier weist noch einen ganz ähnlichen Aufbau auf, wie er jener hypothetischen Gastraea zugeschrieben wird. Es stellt sich dar als ein langgestreckter Schlauch einer äußeren Hautschicht (Ektoderm) von Zellen, der am hinteren Ende blind geschlossen ist und in den blindsackartig eine zweite Zellschicht (Entoderm) so intensiv eingestülpt ist, daß sie überall die äußere Schicht

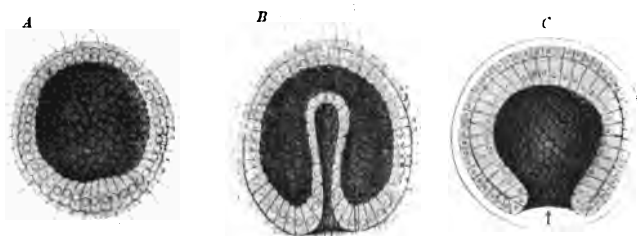


Abb. 8. Blastula (A) und Gastrula (B) eines Schlangenters und Gastrula (C) des Langettischchens. Der Pfeil zeigt den Urmund, der in den Urdarm führt. (A und B nach Selenka, C nach Hatschek aus Hesse-Doflein.)

berührt. Diese innere Schicht bildet das Magenrohr des Polypen und steht durch die Einstülpungsöffnung, die Mundöffnung mit der Außenwelt in Verbindung. Ein erster Unterschied gegenüber jener Gastraea besteht darin, daß der Polyp nicht mehr frei im Wasser umherschwimmt, sondern mit seinem Scheitelpole, dem blindgeschlossenen Ende des Schlauches, auf dem Untergrunde des Gewässers oder etwa an Wasserpflanzen angeheftet festsitzt. Diese festsitzende Lebensweise bedingt nun aber eine weitere Modifikation des ursprünglichen monaxonen Bauplanes. Während die Gastraea bei ihrer freien Bewegung im Wasser auf genügende Mengen von Nahrung stieß, die sie sich zuführen konnte, ist der festsitzende Polyp darauf angewiesen, mit dem Vorliebe zu nehmen, was an ihn herankommt, sei es im Wasser herabsinkend, sei es durch eigne Bewegung, sei es durch die Strömung des Wassers. In der Umgebung seines Mundes stehen daher langausstreckbare Fangarme, Tentakeln, der Zahl nach gewöhnlich 6—8, mit denen der Polyp, da sie 5 cm

und länger ausgestreckt werden können, eine weitaus größere Wassermenge nach Beute absucht, als ihm das mit seinem kleinen Körper sonst möglich wäre. Das Tier besitzt also eine Hauptachse mit ungleichwertigen Polen, mit Scheitel- und Mundpol. Sein Querschnitt, senkrecht zu dieser Achse, ist kreisrund. Trotzdem sind aber die durch

die Hauptachse gelegten Ebenen nicht alle einander gleichwertig, denn einige von ihnen gehen gerade durch die Tentakeln, andere zwischen den-

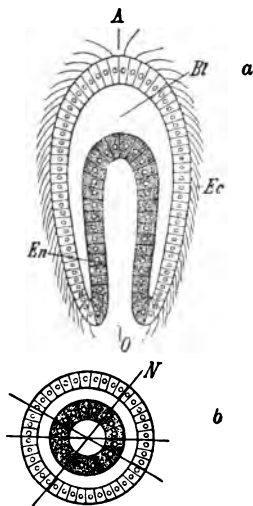


Abb. 9. Schematischer Längs- (a) und Querschnitt (b) durch eine Gastrula als Beispiel eines monaxonen radiärsymmetrischen Gebildes. A—O = Hauptachse, N = Nebenachsen, Bl = Furchungshöhle, Ec = Ektoderm, En = Entoderm. (Nach Claus - Grobben.)

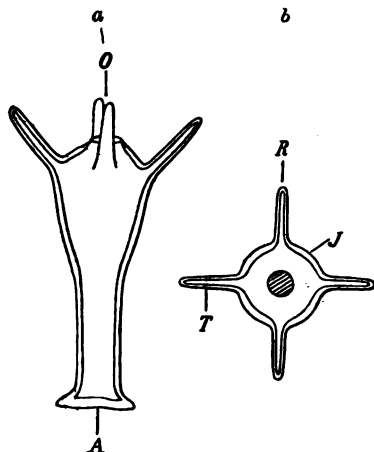


Abb. 10. Schema eines Hydroidpolyphen (a = von der Seite, b = vom Mundpol gesehen) als Beispiel eines vierstrahlig, radiärsymmetrischen Organismus. O—A = Hauptachse, R = Radius, T = Tentakel, J = Interradius. (Nach Claus - Grobben.)

selben hindurch. Man kann infolgedessen neben der Hauptachse noch Nebenachsen unterscheiden, die senkrecht auf dieser stehen. Die durch die Tentakeln gehenden Nebenachsen bezeichnet man als Hauptstrahlen oder Radien, die zwischen je zwei Tentakeln verlaufenden als Nebenstrahlen oder Interradien. Nach der Zahl der vorhandenen Radien kann man bei den Hohltieren 4-, 6- oder 8-strahlige Formen unterscheiden. Jede zugleich durch die Hauptachse und einen Interradius gehende Ebene teilt den Körper des Tieres in zwei einander gleiche, kongruente Antimeren. Die radiär-symmetrische Form und die radiäre Verteilung der Organe,

also der Fangarme, bewirkt zugleich, daß der festsitzende Körper des Tieres rings um seine Hauptachse gleichmäßig belastet wird.

Die nächsten Verwandten der Süßwasserpolyphen, die Hydroidpolyphen, bewohnen in großer Artenzahl das Meer. Bei ihnen allen läßt sich der gleiche Bauplan nachweisen, den wir eben kennengelernt haben. Allerdings ist zu bemerken, daß bei diesen Hydroidpolyphen, die sich ebenso wie auch Hydra, auch ungeschlechtlich vermehren, sich die Knospen meist nicht wie bei jener ablösen und selbständig werden, sondern mit dem Stammtier vereinigt bleiben. Auf diese Weise entstehen oft große Kolonien von Individuen, die alle körperlich im Zusammenhange stehen (Abb. 12 und 13). Oft tritt infolge dieser Koloniebildung eine Arbeitsteilung unter den Angehörigen der Kolonie auf, die zur Folge hat, daß die einzelnen Individuen auch in ihrer Form und Gestalt sich verschieden entwickeln, je nach der Aufgabe, die sie im Dienste der ganzen Kolonie zu leisten haben. Auch die durch Umbildung aus ursprünglichen Polyphen hervorgegangenen, sich ablösenden und dann frei umher schwimmenden Geschlechtsindividuen vieler Polyphen, die Medusen oder Quallen, sind noch durchaus nach dem gleichen Bauplan in der radiär-symmetrischen Form aufgebaut (Abb. 14 und 15). Die in Abb. 16 dargestellte Meduse gehört zu den Angehörigen einer artenreichen Gruppe von Polyphen, den Skyphopolyphen. Bei diesen Polyphen erstreckt sich die radiäre Symmetrie, abgesehen von den in der Zahl von 16 vorhandenen Tentakeln, auch auf den übrigen Körper der Tiere, indem dort die Magenwand vier von Längsmuskeln durchzogene Längsfalten (Gastralwülste) aufweist. Bei den Antho-

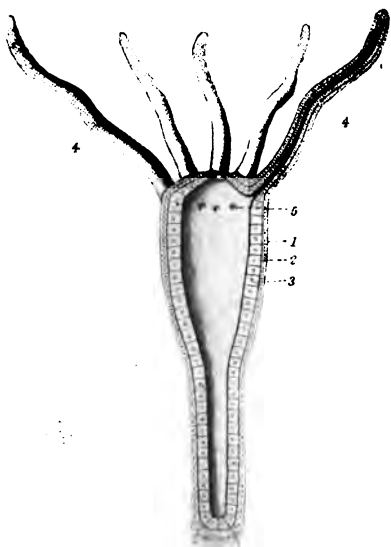


Abb. 11. Schema eines der Länge nach aufgeschnittenen Süßwasserpolyphen. 1 = äußeres Keimblatt, 2 = Stützlamelle, 3 = inneres Keimblatt, 4 = Mund, 5 = Fortsetzung des Darmraumes in den Arm. (Nach Hesse.)

schlechtsindividuen vieler Polyphen, die Medusen oder Quallen, sind noch durchaus nach dem gleichen Bauplan in der radiär-symmetrischen Form aufgebaut (Abb. 14 und 15). Die in Abb. 16 dargestellte Meduse gehört zu den Angehörigen einer artenreichen Gruppe von Polyphen, den Skyphopolyphen. Bei diesen Polyphen erstreckt sich die radiäre Symmetrie, abgesehen von den in der Zahl von 16 vorhandenen Tentakeln, auch auf den übrigen Körper der Tiere, indem dort die Magenwand vier von Längsmuskeln durchzogene Längsfalten (Gastralwülste) aufweist. Bei den Antho-



zoenpolypen endlich wird der Magenraum durch vorspringende Längsfalten (Septen) seiner Wände in Taschen zerlegt, die bis in die darüber befindlichen Tentakeln hineinreichen (Abb. 17). Nach der Zahl dieser Septen sind diese Polypen 6-, 8-, 12- oder vielstrahlig (Abb. 18). Obwohl nun in der äußerst artenreichen Tiergruppe der Zölenterarten in bezug auf die äußere Form, unter der sich die einzelnen Vertreter unserem Auge darbieten, eine ungeheure Mannigfaltigkeit herrscht, so ist doch, trotz aller Modifikationen bei den



Abb. 12. Zweigstück eines Hydroidpolypenstockes (Obelia) mit Polypenköpfen und Fortpflanzungskörpern (die großen Kelche). Original.

Hohltieren, überall ein einheitlicher Bauplan als Grundlage vorhanden. Auch bei der weitgehendsten Abänderung der ursprünglichen, gleichsam schematischen Gestalt, in welcher uns der Süßwasserpolypp entgegentritt, ist nur in den seltensten Fällen von der radiär-symmetrischen Form abgewichen.

Es muß hier erwähnt werden, daß auch eine ganze Anzahl von Vertretern des niedersten Stammes der Metazoen, also der Schwämme oder Porifera, einen solchen radiären Bau (Abb. 19) zeigen, der freilich infolge der bei diesen Tieren meist üblichen Koloniebildung oft verwischt

erscheint. Andererseits sind viele Angehörige dieses Tierstammes amorph, d. h. die einzelnen Individuen sind untereinander ungleich, regellos gebaut. Die Anordnung ihrer Teile ist nach keiner Richtung des Raumes gesetzmäßig bestimmt (Abb. 20—22). Radiär-symmetrisch erscheinen auch die meisten Stachelhäuter (Echinodermata), wie Seeigel und Seestern, doch werden wir später sehen, daß bei ihnen die radiäre Form nur eine äußere, sekundär erworbene ist und diesen Tieren eigentlich ein anderer Bauplan zugrunde liegt. Äußerlich erscheinen die Stachelhäuter zumeist 5-strahlig.

#### d) Die disymmetrische Form.

Zwei Gruppen der Zölenteraten gehen in ihrem Aufbau gewissermaßen über die radiär-symmetrische Form hinaus. Das sind einmal viele Anthozoen, nämlich die festsitzenden Hexaktinien, zu denen die sogenannten Seerosen, Seanelken usw. gehören, und die frei im Meereschwimmenden, meist glasklar durchsichtigen Rippenquallen (Ctenophoren). Durch ihren Körper lassen sich senkrecht zur Hauptachse nur zwei einander ungleichwertige, senkrecht aufeinander stehende Symmetrieachsen legen, so daß wir die Form als *zweistrahlig-radiär oder disymmetrisch* bezeichnen. Gegenüber den Hydroidpolypen, deren Körperdimensionen sich gewöhnlich auf höchstens einige Millimeter belaufen, erscheinen die meisten Hexaktinien als große Tiere, die dem entsprechend auch einer stärkeren, reichlicheren Ernährung bedürfen. Vielleicht steht es hiermit im Zusammenhang, daß die Mundöffnung dieser Tiere die ursprüngliche, kreisförmige Gestalt verlassen hat und in einer Richtung verbreitert erscheint. Man könnte sich die stammesgeschichtliche Entstehung dieser Eigenart durch eine Art Arbeitsteilung im Gebiete der Mundöffnung verursacht denken, indem etwa die eine Hälfte des Mundes dazu benutzt wurde, Nahrung aufzunehmen, während die andere zur Ausführung der unverdaulichen Reste diente. Auf diese Weise konnte in derselben Zeit eine wesentlich größere Nahrungsmenge aufgenommen und für den Körper nutzbar gemacht werden, als es in der althergebrachten Art der Fall war, wo beim Auswerfen des Unverdaulichen immer der ganze Magen geleert werden mußte und während dieser Zeit keine neue Nahrung eingeführt werden konnte. Die funktionelle Trennung in zwei ver-



Abb. 13. Einzelner Polyp von Obelia (s. Abb. 12) stärker vergrößert. Original.

schiedene Regionen der Mundöffnung bewirkte dann, daß dieselbe eine mehr schlitzförmige Gestalt annahm. Da bei den Anthozoen die äußere Hautschicht, das Ektoderm, ein Stück weit sich rohr-

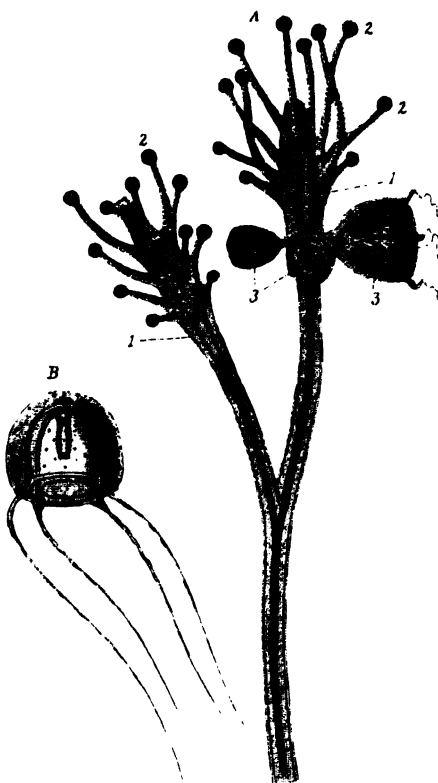


Abb. 14. A = Zweigende eines Polypenstockes von *Syn-  
coryne fruticosa* mit 2 Polypenköpfen, der rechte mit  
knospenden Medusen. 1 = Polyp, 2 = Tentakeln, 3 =  
Medusen in verschiedenen Entwicklungsstadien. B =  
abgelöste, freischwimmende Meduse. (Nach Allman  
aus Hesse-Doflein.)

artig in das Innere des Körpers einstülpt, ehe die eigentliche Magenwand, das Entoderm, beginnt, übertrug sich die langgestreckte Form auch auf den Querschnitt dieses Schlundrohres, der dann wieder die Anordnung der Magentaschen, bzgl. der diese scheidenden Septen beeinflusste. Die Symmetrieebene, welche zugleich durch die Hauptachse und die Mundspalte geht, teilt den Körper einer solchen Aktinie in zwei symmetrische, einander spiegelbildlich gleiche Antimeren. Sie wird Median- oder Sagittalebene genannt. Die zweite der beiden für diese zweistrahlige Form wichtigen Symmetrieebenen geht ebenfalls durch die Hauptachse und steht zugleich senkrecht auf der Medianebene. Es ist die sogenannte Transversalebene (Abb. 17, 18 Bu. 23—26).

Noch scharfer ausgeprägt ist diese Art Symmetrie bei den Oktaktinien (Abb. 18 A und 27). Auch die Rippenquallen (Abb. 28 A und B) besitzen eine breite, schlitzförmige Mundöffnung und ein entsprechendes Schlundrohr, dessen größte Ausdehnung in der Median-

ebene liegt. Der Bau dieser Tiere erscheint insofern noch wesentlich komplizierter, als ihr Magen, der ebenfalls, aber in einer zur Mundöffnung senk-

rechten Ebene, breitgequetscht ist, zwei seitliche Äste in dieser Transversalebene abgibt, deren jeder sich zweimal gabelt, so daß schließlich acht Zweige vorhanden sind, die in je einen meridional verlaufenden Hohlraum, Rippengeäß münden. Auf der Außenhaut liegen über diesen Rippengeäßsen die Fortbewegungsorgane in Gestalt von acht Reihen von Wimperplatten, die in nervöser Verbindung mit einem auf dem Scheitelpol befindlichen Sinnesorgan, einem Gleichgewichtsorgan stehen.

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, baut sich der Körper der Zölenteraten und ebenso der

der Schwämme lediglich aus den beiden erwähnten Zellschichten, sogenannten Blättern, nämlich aus Ektoderm und Entoderm auf, sodaß auch in dieser histologischen Gestaltung eine Eigenschaft liegt, die zum Bauplan dieser Tiere gerechnet werden muß. Und

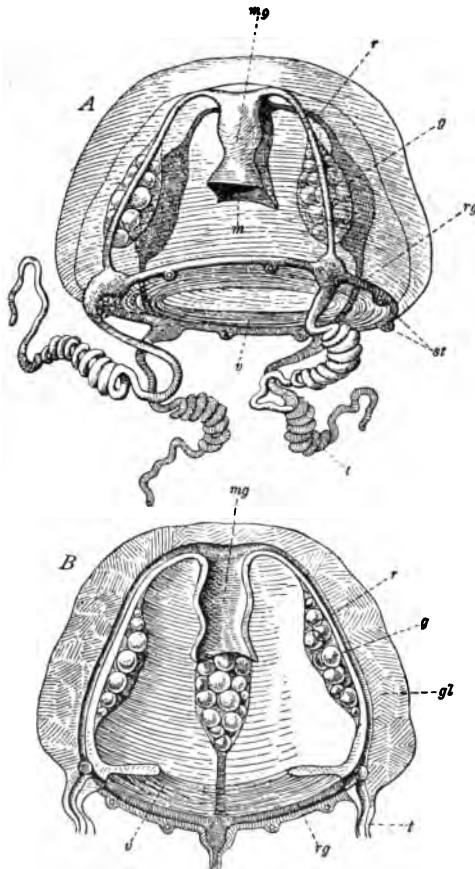


Abb. 15. Eine Hydromeduse (Eucopium). *A* = von der Seite, *B* = im Schnitt, *m* = Mund, *mg* = Magen, *r* = Radiärkanal, *rg* = Ringkanal, *v* = Velum, *st* = Sinnesorgane, *g* = Geschlechtsorgane, *gl* = Gallerte. (Nach Haeckel aus Heider.)

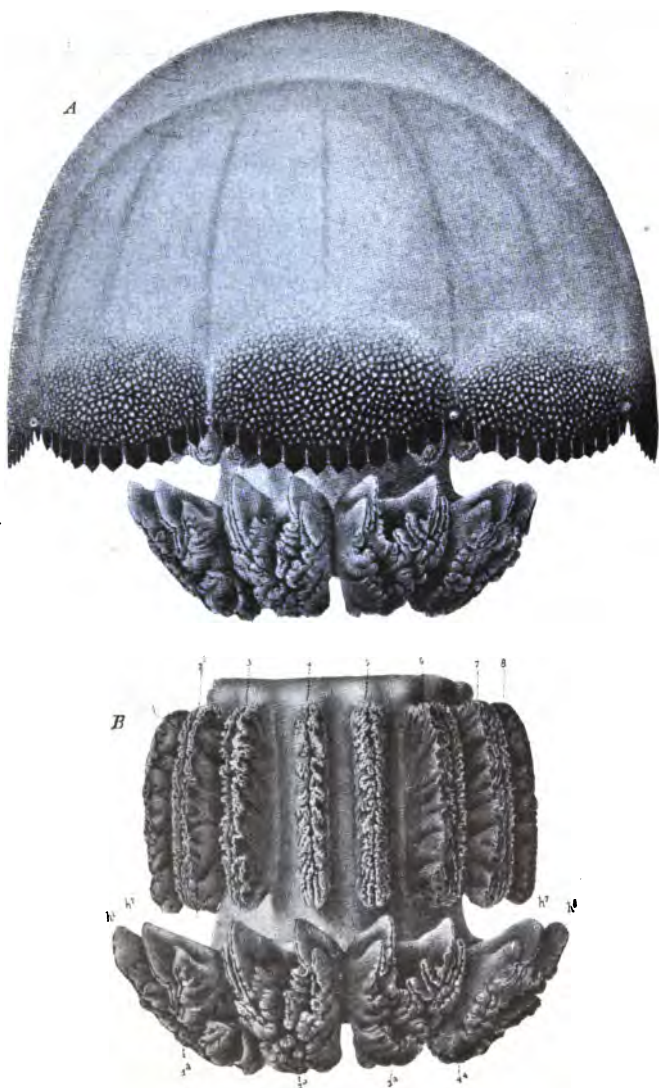


Abb. 16. Wurzelmündige Meduse (*Stomolophus meleagris* Ag.) mit geteilten Mundkrausen.  
 A = Habitusbild, B = abgeschnittener Magenstiel mit oberen (1—8), mittleren ( $k^1$ — $k^4$ ) und  
 unteren (1a—4a) Krausenlappen. (Nach L. Agassiz aus Hesse · Doflein.)

das um so mehr, als wir bald sehen werden, daß bei allen den übrigen mehrzelligen Tieren die Verhältnisse nicht mehr so einfach liegen. Allerdings muß hier erwähnt werden, daß auch schon bei den Zölenteraten, namentlich da, wo die Körperdimensionen größere sind, also bei den Medusen, Rippenquallen und bei den Anthozoen zur Stütze des Körpers und seiner Teile mehr oder

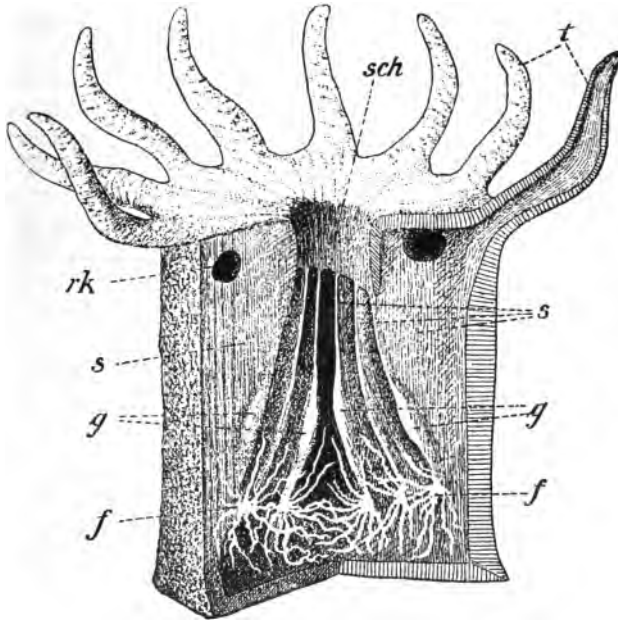


Abb. 17a. Schnitt durch einen Anthozoenpolypen (schematisch). *s* = Septen, *g* = Geschlechtsorgane, *f* = Gastralfilamente, *sch* = Schlundrohr, *t* = Tentakel, *rk* = Ringkanal. (Nach Kemeel aus Heider.)

weniger große Gallertmassen, in denen auch bindegewebige Zellen liegen können oder direkt bindegewebsartige Zellanhäufungen zwischen beide Blätter eingeschoben sein können.

#### e) Die Entstehung des Nervensystems und der Sinnesorgane.

Von den Organen der Zölenteraten wollen wir hier nur eines etwas näher ins Auge fassen, weil dasselbe als eines der wichtigsten in seiner jeweiligen Gestaltung auch weiterhin bei den übrigen Metazoen einen ausschlaggebenden Faktor im Bauplan bedeutet. Es

ist das Nervensystem, das hier zum ersten Male im Tierreich in die Erscheinung tritt. Ein solches hat allgemein die Aufgabe, die

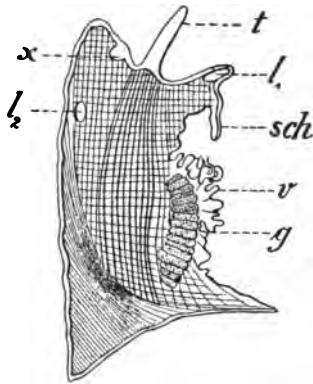


Abb. 17 b. Schematischer Längsschnitt durch eine Hexaktinie (nur die linke Hälfte desselben ist gezeichnet). (Nach Heider.)

Reize, welche den Körper des Tieres treffen, weiterzuleiten und möglichst schnell denjenigen Teilen desselben zuzuführen; die mit einer entsprechenden Reaktion zu antworten haben. Das Vorhandensein mundgerechter Nahrung, die zu ergreifen ist, oder von verdächtigen Erscheinungen, die die Nähe eines Feindes anzeigen, müssen vor allem den Bewegungsorganen mitgeteilt werden, so daß sich diese zweckentsprechend betätigen können. Den einzelligen Tieren fehlt ein Nervensystem. Bei ihnen übernimmt noch das ganze Protoplasma der Zelle die Weiterleitung der Reize nach allen Teilen des Zell-

körpers hin. Auch bei der Volvox-Kolonie finden wir noch keine besonderen Bahnen für die Reizleitung, vielmehr steht dort

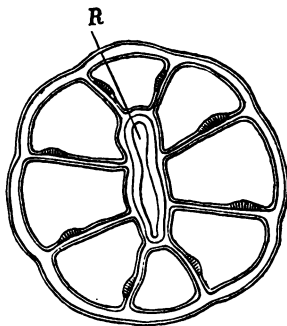


Abb. 18 A. Querschnitt durch eine Oktaktinie (Alcyonium). R = Schlundrinne. (Nach Hertwig aus Claus - Grobben.)

jede einzelne Zelle der Kugeloberfläche durch Protoplasmastränge mit ihren Nachbarn in direkter Verbindung, so daß auch da ein Reiz, der irgendeine Stelle der Kugeloberfläche trifft, allen Mitgliedern der Kolonie mitgeteilt wird. Das gleiche ist der Fall bei den ohnehin fast bewegungslosen Schwämmen, denen ebenfalls ein Nervensystem fehlt. Dagegen ist ein solches wohlentwickelt vorhanden bei den Zölenteraten. In deren äußerer Hautzellschicht haben auf dem Wege der Arbeitsteilung bestimmte Zellen in vorwiegenderem Maße als die übrigen die Leitung der Reize übernommen.

Sie stehen nicht mehr wie die Volvoxzellen durch einfache Protoplasmastränge miteinander im Zusammenhang, sondern es hat sich in den sie verbindenden Strängen das Protoplasma zu einer beson-

deren Substanz umgebildet, bzgl. eine solche ausgeschieden, welche in ganz besonders hohem Grade die Eigenschaft besitzt, Reize äußerst schnell weiterzuleiten. Die verbindenden Stränge sind zu Nervenfasern geworden, die im Ektoderm verstreut liegenden Zellen, welche jene aussenden, aber zu Nervenzellen oder Ganglienzellen. Letztere sind diffus über die ganze Oberfläche eines Polypen verteilt (Abb. 29). Am dichtesten sind sie in der Umgebung der Mundöffnung vorhanden. So stellt sich das Nervensystem eines Polypen als ein Netzwerk dar, dessen Knotenpunkte die Ganglienzellen bilden. Dazu kommen noch andere Zellen, welche ebenfalls nach dem Prinzip der Arbeitsteilung mehr als die gewöhnlichen Ektodermzellen dazu befähigt sind, Reize aufzunehmen, welche aus der Umwelt auf das Tier treffen. Als sogenannte Sinnesnervenzellen haben sie meist besondere haarartige Fortsätze ausgebildet, welche der Außenwelt zugekehrt die eigentlichen reizaufnehmenden Elemente darstellen und von denen durch Vermittelung

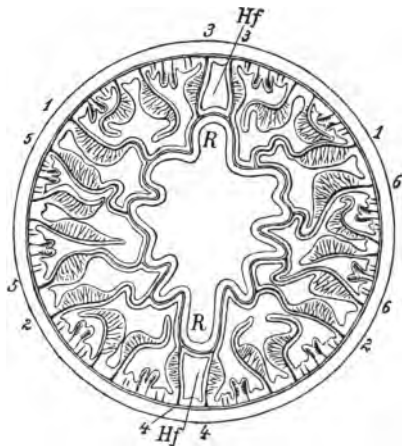


Abb. 18 B. Querschnitt durch eine Hexaktinie (Adamsia). *Hf* = Fächer der Hauptebe, Richtungsfächer, *R* = Schlundrinnen. 1–6 = die ersten 6 Septenpaare, nach der Reihenfolge ihrer Entstehung bezeichnet. (Nach Hertwig aus Claus-Grobben.)

ihrer Zellen eine Nervenfasern ausgeht, die in das allgemeine Nervenetz einmündet. Es handelt sich bei diesen einfachen Tieren wohl vornehmlich um Tast-, Licht- und chemische Reize, die jedenfalls qualitativ noch gar nicht unterschieden werden. Wie die Medusen in ihrem äußeren Aufbau komplizierter erscheinen als ein Polyp, so ist auch ihr Nervensystem bereits etwas höher entwickelt, indem sich bei ihnen entweder die Fasern des auch hier vorhandenen diffusen Nervenetzes am Rande ihrer Schwimmglocke zu ein paar dichter Strängen zusammenlegen, so daß ein paar Ringnerven am Schirmrande entstehen, oder indem sich ein Teil der Ganglienzellen zu acht am Glockenrande radiär verteilten Gruppen



enger aneinanderschließen. Die Sinnesnervenzellen nehmen nicht mehr alle in gleicher Weise jeden Reiz auf, sondern einzelne von ihnen spezialisieren sich für die Aufnahme bestimmter Reizarten, indem z. B. die einen nur noch chemische, die andern nur noch Lichtreize weiterleiten. Zugleich treten hier zum ersten Male besondere Sinnesorgane auf, die dadurch zustande kommen, daß sich eine größere Anzahl von gleichartigen Sinnesnervenzellen zusammenscharte und mit Unterstützung von sich zu dieser Funktion

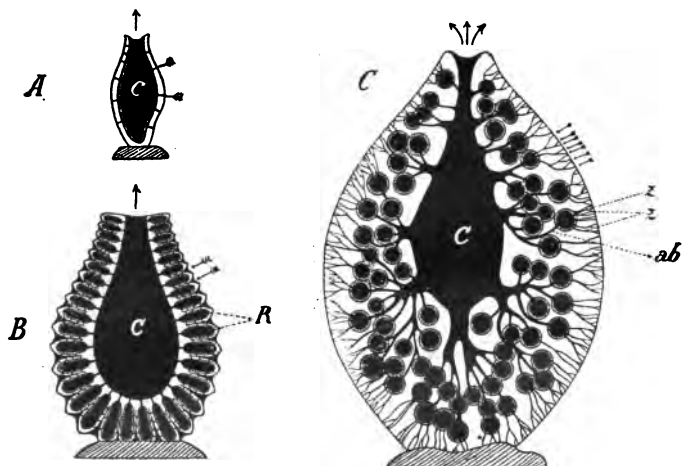


Abb. 19. Schematischer Längsschnitt durch 3 Typen von Kalkschwämmen. A = Askon-, B = Sykon-, C = Leukon-Typus. R = Radialtuben, s = zuführende, ab = abführende Kanäle der Geißelkammern. Die Pfeile geben die Richtung des Wasserstromes an, der zugleich die Nahrungspartikelchen mit sich führt. C = Askularraum. (Nach Haeckel aus Heider.)

besonders umgestaltenden Ektodermzellen, die lediglich am Aufbau der Organe, nicht an der nervösen Tätigkeit teilnehmen, mehr oder weniger komplizierte Apparate bildeten, durch welche der betreffende Reiz den Sinneszellen besser und sicherer zugeführt werden kann. So sind wohl allgemein die spezifischen Sinnesorgane entstanden, d. h. Organe, welche eben für die Aufnahme nur einer bestimmten Reizart bestimmt sind. Wir treffen sie hier als Organe des Gleichgewichtssinnes, als sogenannte statische Organe (Abb. 30 A und B). Bei den Medusen geben solche radiär angeordnet in Gestalt von klöppelähnlichen statischen Kölbchen oder statischen Gruben und Bläschen durch Vermittelung des Nervensystems den Muskelfasern der Schwimmglocke die Impulse für die rhythmischen

Kontraktionen, so daß diese Tiere fortdauernd mit ihrem Schirm die für sie so charakteristischen Pumpbewegungen ausführen, durch die ihre statischen Organe immer wieder aufs neue erregt werden, so daß sich das Spiel ständig wiederholt, und durch die die Quallen selbst im Wasser aufwärts und weiter bewegt werden. Die Rippenquallen besitzen auf ihrem Scheitelpole ein wirkliches Gleichgewichtsorgan, durch dessen Tätigkeit sie instand gesetzt werden, ihre Körperlage im Verhältnis zur Richtung der Schwerkraft zu regulieren (Abb. 30C). Eine Anzahl von Medusen endlich ist mit wieder radiär verteilten einfachsten Sehorganen ausgestattet, sogenannten Ocellen, in Gestalt von mit den Sinneszellen ausgekleideten Sehgruben, die von einer das Seitenlicht abhaltenden Pigmentschicht umgeben sind. Diese Organe ermöglichen kaum mehr als eine Unterscheidung von Licht und Dunkel, allenfalls noch die Wahrnehmung der ungefähren Richtung, aus der das Licht, bzgl. ein Schatten kommt.

#### f) Die bilateral-symmetrische Form.

Die bisher besprochenen Vertreter der Metazoen führen entweder eine freischwimmende Lebensweise oder sie sind sessil, fest auf dem Boden sitzend. Zugleich leben sie sämtlich im Wasser. Dadurch, daß in der Stammesgeschichte der Tiere einzelne Formen begannen, sich auf dem Untergrund niederzulassen, ohne sich dort festzusetzen, und sich daselbst frei umher bewegten, entstand nun eine letzte, überaus weitverbreitete Form, die sich bis zu den höchstentwickelten Tieren und bis zum Menschen hinauf erhalten hat. Sie ermöglichte es nun auch zahlreichen Tieren, sich aus dem Wasser heraus auf das trockene Land zu begeben. Nehmen wir an, daß irgendwelche nach einem der bisherigen Baupläne gestalteten Tiere eine solche bewegliche Lebensweise am Boden begannen, so mochte



Abb. 20. Kieselchwamm, *Hyalonema sieboldii*. Der rundliche Schwammkörper ist mit dem langen Schopf von Kieselnadeln, die im einzelnen Stricknadelstärke erreichen, im schlammigen Meeresboden befestigt. Original.

es wohl vorteilhaft für sie sein, wenn sie ihren Körper nicht mehr wie die radiär-symmetrischen, frei beweglichen Tiere etwa beliebig einmal nach dieser, dann nach jener Körperrichtung vorwärts bewegten, — für jene gibt es ja kein Vorn und Hinten, kein Rechts und Links —, sondern wenn sie die Richtung einer bestimmten Körperachse wählten, deren einer Pol dann immer vorausging und



Abb. 21. Gießkannenschwamm oder Venuskörbchen, *Euplectella aspergillum*. Skelett aus feinen Kieselnadeln geflochten. Original.

so ein Vorderende des Tieres bildete. Vorteilhaft war eine solche Beschränkung auf eine Bewegung in einer bestimmten Richtung vor allem dann, wenn sämtliche Fortbewegungsorgane dazu eingerichtet waren, daß sie alle miteinander bei der Bewegung in dieser Richtung helfen konnten. Da ein breiter Körper bei der Bewegung mehr Widerstand in dem umgebenden Wasser findet als ein schmaler, so streckte sich der Körper dieser Tiere mehr oder weniger, so daß man eine von vorn nach hinten gehende Hauptachse unterscheiden kann. Zugleich flachte sich die

dem Boden zugekehrte Seite des Tieres, seine nunmehrige Bauchfläche gegenüber der von der neuen Bewegungsart am wenigsten in Mitleidenschaft gezogenen Rückenfläche ab, so daß sie besser am Boden haftete, sich ihm besser an schmiegen konnte. Auch hier sind wie bei der disymmetrischen Form zwei auf der Hauptachse und aufeinander senkrecht stehende, ungleichwertige Nebenachsen vorhanden, eine von der Rücken- zur Bauchseite und eine von rechts nach links gehende. Aber im Gegensatz zur disymmetrischen Form läßt sich durch den Körper eines so gebauten Tieres nur eine einzige Symmetrieebene legen,

die Medianebene, die gleichzeitig durch die Hauptachse und die Rücken und Bauch verbindende Achse geht. Die durch die Hauptachse und die die Körperseiten verbindende Achse zulegende Transversalebene, die hier auch Lateral- oder Frontalebene genannt wird, scheidet zwei ungleiche Teile, die Rücken- von der Bauchhälfte des Tieres. Die auf solche Weise entstandene Form nennt man die *bilateral-symmetrische* oder kurz die *bilaterale Form* (Abb. 31). Sie findet sich schon bei vielen Protozoen, namentlich bei den Flagellaten und Infusorien, aber auch bereits bei man-



Abb. 22. Badeschwamm, *Euspongia officinalis* auf einem Felsstück aufgewachsen. Skelett aus hornartigen Sponginfasern. Original.

chen Rhizopoden. Von den mehrzelligen Tieren folgen ihr im Körperbau die Würmer, die Gliedertiere, die Weichtiere, die Muschellinge, die Manteltiere und die Wirbeltiere. Trotz aller Verschiedenheit in der äußeren Gestalt sehen wir also bei allen diesen Tieren eine seit uralter Zeit festgelegte Grundform, die sich durch alle sonstigen Veränderungen im Bauplan hindurch bewahrt hat, weil sie eben durch die Bedingungen, welche die Umwelt an die betreffenden Tiere stellte, veranlaßt ist und immer von neuem erhalten wird.

Auch in bezug auf ihren Aufbau aus verschiedenen Schichten von Zellmaterial haben diese Tiergruppen etwas Gemeinsames. Bei ihnen allen ist zwischen die beiden Blätter, wie wir sie bei den Zölenteraten kennen gelernt haben, eine mittlere, meist sehr kom-

pliziert gestaltete und umfangreiche Lage von Zellen eingeschoben, die in der Gestalt des Mesoderms oder auch des Mesenchyms



Abb. 23. Skelett einer Pilzkoralle, *Fungia*. Die Pilzkorallen sind nichtverzweigte Einzelkorallen, die eine beträchtliche Größe erreichen. Original.

auftritt. Aus ihr entwickeln sich mit Ausnahme des entodermalen Mitteldarmes, des ektodermalen Anfangs- und Enddarmes und des Nervensystems die meisten inneren Organe, vor allem auch die den Körper bewegenden Muskeln und etwaige innere Skeletteile. Zugleich tritt ein neues Hohlraumssystem im Innern dieser mittleren Zellschichten auf, die sekun-

däre Leibeshöhle oder das Zölom, das so charakteristisch für den Bauplan sämtlicher bisher hier noch nicht besprochenen Me-



Abb. 24. Sternkoralle, *Prionastraea favosa*, Skelett. Durch Knospung entstehen Kolonien in der abgebildeten Gestalt. Original.

tazoen ist, daß man diese als Coelomata zusammengefaßt und den Schwämmen und Hohltieren gegenübergestellt hat, die dann die Gruppe der Enterocoelia bilden. Bei den letzteren ist ja die

Urdarmhöhle mit ihren etwaigen Abzweigungen der einzige Hohlraum im Körper. Allenfalls kommt dazu ein Spaltraum zwischen Ektoderm und Entoderm, wenn diese nicht dicht aufeinander liegen, der als primäre Leibeshöhle oder Furchungshöhle beiden frühen Entwicklungsstadien gerade der Coelomata allgemein verbreitet ist und sich auch neben dem Zölon bei ihnen in Resten erhalten kann.

Die Bewegung in einer bestimmten Körperrichtung, nach vorn zu, brachte es nun mit sich, daß das Vorderende des Tieres von allen Körperpartien zuerst mit den Gegenständen der Umwelt in Berührung kam, sowohl mit der begehrten Nahrung als



Abb. 25. Skelett einer Augenkoralle, *Oculina*. Original.



Abb. 26. Skelett einer Hirnkoralle, *Diploria cerebriformis* (Neptungsgehirn). Die knospenden Weichkörper bleiben getrennt, die „Kelche“ verschmelzen zu mäandrischen Windungen und Furchen. Original.

mit dem zu meidenden Feind. Das bedingte dann, daß sich an dem Vorderende mehr als an anderen Stellen des Körpers Sinnesorgane ausbildeten und zugleich anhäuften, zur rechtzeitigen Wahrnehmung dieser Gegenstände in der Umwelt. Jedes Sinnesorgan muß notgedrungen, wenn es seinen Zweck erfüllen soll, durch eine



Abb. 27. Venusfächer, *Gorgonia flabellum*. Biegsames hornartiges Skelett. Vertreter der Oktokorallien. Original.

Nervenverbindung die aufgenommenen Reize zum Nervensystem des Tieres weiterleiten können, wo dieselben dann durch Schaltstellen, die in Gestalt von Nerven- oder Ganglienzellen vorhanden sind, vermittels anderer nervöser Bahnen nach den Organen geleitet werden, die nun auf die Reize reagieren, vornehmlich also die Muskeln. Die Lokalisation zahlreicher Sinnesorgane am Vorderende bedingte dann wohl, daß auch die Schaltstellen, die Ganglienzellen sich in dieser Körpergegend häuften. So entstand eine Zentral-

Isolation der Schaltstellen des Nervensystems, ein Zentralnervensystem in Gestalt von

Ganglien, die zugleich in der Hauptsache im Vorderende des Tieres gelegen waren. Auch die Mundöffnung, die sich vielleicht ursprünglich in der Mitte der Bauchseite befand, rückte mehr und mehr nach dem Vorderende, weil das Tier dort eben zuerst auf seine Nahrung stieß. So erhält also das Vorderende gegenüber den anderen Körperteilen mehr und mehr eine bevorzugte Stellung.

Die niederen Würmer zeigen einen Bauplan, der noch durchaus dem eben geschilderten Schema entspricht. Ja, bei den Plattwürmern findet sich die Eingangsöffnung in den oft verzweigten,

immer aber an seinem hinteren Ende blind geschlossenen Darm noch weit hinter dem Vorderende, oft sogar hinter der Körpermitte auf der Bauchseite (Abb. 32 und 33). Bei den Rundwürmern,

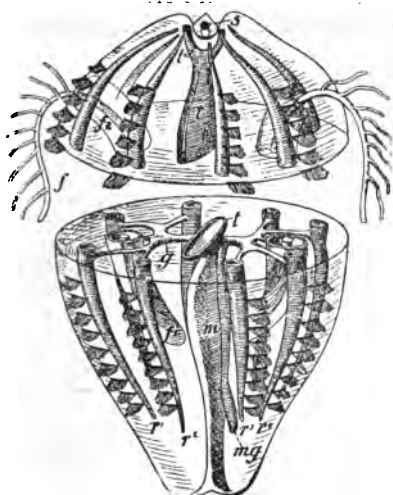


Abb. 28. Schema einer Rippenqualle, *Hormiphora plumosa*. *s* = Sinnespol, *m* = Magen, *t* = Trichter, *f* = Tentakel, *mg* = Magengefäß, *r* = Rippengefäße. (Nach Heider.)



Abb. 29. Diffuses Nervensystem des Elektoderms einer *Hydra*. (Nach Claus - Grobben.)

den Rädertieren und den Schnurwürmern dagegen ist der Mund an das Vorderende gerückt. Bereits bei den höheren Würmern, den Ringelwürmern, *Annelida*, tritt in einem gewissen

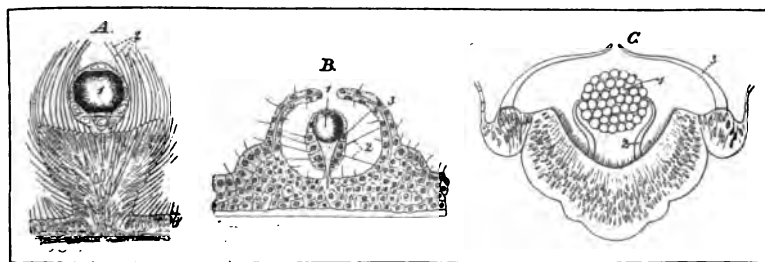


Abb. 30. Statolithenorgane der Medusen *Cunina* (A) und *Rhopalomena* (B) und der Rippenqualle *Callianira* (C). 1 = Statolith, 2 = Sinneshaare, 3 = äußere Umhüllung des Organs. (Nach Hertwig aus Hesse - Doflein.)



Zusammenhang mit der Bevorzugung des Vorderendes für die Hauptteile des Zentralnervensystems und für die Mundöffnung eine bestimmte Lagerung wichtiger innerer Organe auf, die sich von da ab bei allen von dieser Tiergruppe abzuleitenden Formen erhalten hat. Die schon bei den niederen Würmern im Vorderende gehäuft

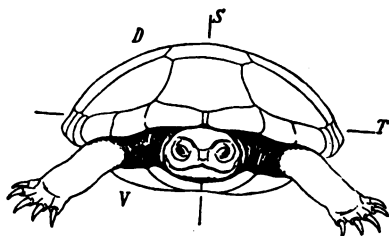


Abb. 31. Schema der bilateral-symmetrischen Form (Schildkröte). S = Sagittalebene, T = Transversalebene, D = Dorsalseite, V = Ventralseite. (Nach Claus - Grobben.)

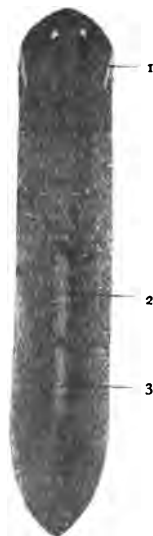


Abb. 32. Strudelwurm, *Planaria lugubris*. 1 = Aurikularsinnesorgan, 2 = Saugrüssel, 3 = Kopulationsorgan. (Nach Steinmann und Bresslau.)

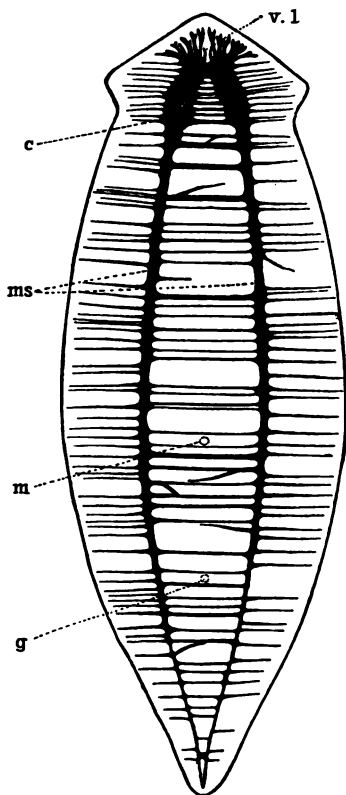


Abb. 33. Nervensystem eines Strudelwurmes, *Planaria gonocephala*. c = Gehirn, ms = Markstränge, m = Mund, g = Geschlechtsöffnung. (Nach Ude aus Steinmann - Bresslau.)

Ganglien werden zu dem Zerebralganglion oder Gehirn und sind von nun an dem gesamten übrigen Zentralnervensystem als oberstes Zentrum und Schaltapparat übergeordnet. Stets liegt das Gehirn dorsal, d. h. der Rückenseite zugekehrt, vom Anfangsdarm. Diese Lage behält es bis zu den Wirbeltieren, bis zum Menschen unverändert. Bei den Ringelwürmern (Abb. 34) und den aus diesen hervorgegangenen Gliedertieren (Abb. 35) liegen ferner die übrigen Teile des Zentralnervensystems in Gestalt des sogenannten Bauchmarks unterhalb des Darmrohres, ventral, wie man sagt, und stehen mit dem Gehirn durch ein paar den Anfangsdarm umfassende Nervenbahnen, die Schlundkommissuren, in Verbindung. Dagegen befinden sich die wesentlichsten Teile des nun auch auftretenden Blutgefäßsystems, die sich in der Gestalt eines Herzschlauches oder eines kompakteren Herzens zeigen, bei diesen Tieren dorsal vom Darm. In der über so weite Kreise des Tierreiches verbreiteten Beibehaltung dieses Bauplanes zeigt sich die Wirkung des eingangs erwähnten erhaltenden Prinzips besonders deutlich. Nur die Wirbeltiere und die ihren direkten Vorfahren wohl am nächsten stehenden Manteltiere zeigen hier eine Besonderheit, indem bei ihnen gerade umgekehrt, abgesehen von dem auch hier dorsalen Gehirn, das zentrale Nervensystem als Rückenmark dorsal, das Herz aber

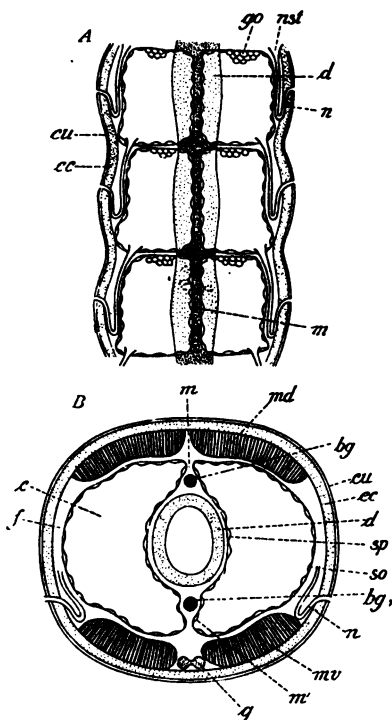


Abb. 34. Organisation der Rumpfsegmente eines Ringelwurmes. *A* = Längs-, *B* = Querschnitt. *cu* = Kutikula, *ec* = Ektoderm, *d* = Darm, *n* = Exkretionsorgan, *m* = Mesenterium, *f* = primäre Leibeshöhle (Furchungshöhle), *c* = sekundäre Leibeshöhle (Zölium), *md*, *mv* = Längsmuskeln, *bg* = Blutgefäß, *sp* = Darmfaserblatt, *so* = Hautfaserblatt, *g* = Bauchmark. (Nach Heider.)

ventral vom Darm liegt. Man hat mehrfach versucht, für diese auffällige Verschiedenheit in der Lage der wichtigsten Organe eine Erklärung zu geben, doch muß hier eingeräumt werden, daß eine allseitig befriedigende Lösung dieser Frage sich noch nicht hat finden lassen. Wenn auch die Annahme zunächst viel Bestechendes für sich hat, daß die Wirbeltiere von ringelwurm-

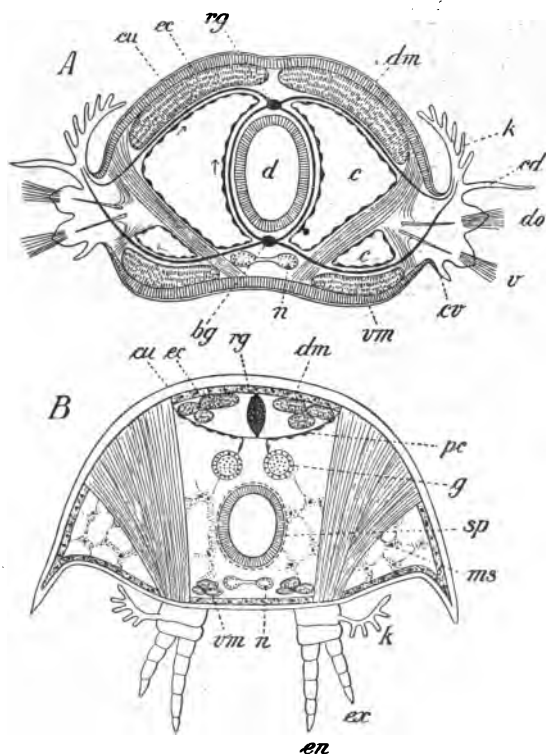


Abb. 35. Schematischer Querschnitt. *A* = durch einen Anneliden, *B* = durch einen Krebs. *k* = Kiemen, *cd*, *cv* = Parapodialtaster, *do*, *v* = Borstenbündel, *rg* = Rückengefäß, *pc* = Perikard, *g* = Gonaden, *ex* = Exopodit, *en* = Entopodit. Die übrige Bezeichnung wie bei Abb. 34. (Nach Heider.)

ähnlichen Vorfahren abzuleiten seien und daß ihr Körper in den Lageverhältnissen seiner Organe etwa einem um die Längsachse um 180° gedrehten Annelidenkörper entspricht, wodurch die Umkehrung des Bauchmarks zum Rückenmark und die des Rücken-

herzens zum Bauchherzen erklärt wäre, so erscheint die sich dabei notwendig machende Veränderung in der gegenseitigen Lage des Gehirns, das ja schon bei den Ringelwürmern dorsal liegt und bei den Wirbeltieren dorsal bleibt, ebenso wie der Mundöffnung doch so bedenklich, daß sich manche Forscher gegen eine solche Willkür sträuben. Auch die Annahme, das Wirbeltiergehirn entspreche dem vordersten Bauchmarksganglion, trägt nicht viel zur Lösung des Problems bei. Trotz alledem ist große Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, daß die Ausgangsformen der Wirbeltiere sich von annelidenähnlichen Vorfahren herleiten.

**Kopfbildung.** Die Lagerung der Hauptsinnesorgane, des Gehirns und der Mundöffnung am Vorderende führte dazu, daß sich diese Körperpartie auch äußerlich mehr und mehr gegen die übrigen absetzte, ein Vorgang, der schließlich in die Bildung eines besonderen Körperabschnittes, eines Kopfes auslief. Eingeleitet wird eine solche bereits bei den Ringelwürmern, wo die Hauptsinnesorgane, Fühler, Taster und Augen sowie Organe des chemischen Sinnes, also Geruchs- oder Geschmacksganglion, und das Gehirn selbst meist von einem über das Vorderende der Längsachse vorspringenden Kopflappen getragen werden (Abb. 36). Bei den Gliedertieren, schon bei den



Abb. 36. Junger Meeresringelwurm, *Nereis dumerilii*. Am Kopfende von der Mitte nach außen: Fühler, Palpen, Fühlercirren. Im Innern auf Höhe der 1. und 2. Fußstummel die beiden gewaltigen, ausstülpbaren Kiefer. Parapodien mit Borstenbündeln und Tastern. Am Hinterende die beiden Analtaster. Original.

Krebsen bildet sich dann immer deutlicher ein wirklicher Kopf heraus, der, wie es bei den Insekten besonders sinnfällig ist, dann auch die Mundöffnung trägt. Während ein solcher Kopfabschnitt auch bei den Wirbeltieren vorhanden ist, kann er sekundär, namentlich bei festsitzenden Formen, wieder verschwinden. So findet er sich bei den frei beweglichen Schnecken und Tintenfischen unter den Weichtieren, fehlt dagegen den meist still am Boden der Gewässer festsitzenden Muscheln, denen man daher früher auch den Namen der Acephala, d. h. Kopfloze, gegeben hat. Ebenso entbehren die Stachelhäuter durchaus eines Kopfabschnittes.

Metamerie. Homonome Segmentierung. Betrachten wir einen Vertreter der Ringelwürmer, etwa einen Regenwurm, so fällt uns an seinem Körper eine Gliederung oder Ringelung auf, die er mit den meisten Angehörigen dieser Tiergruppe gemein hat, und die der Anlaß zu deren Namen gewesen ist. Zwar besitzen hin und wieder auch manche anderen Tiere eine derartige äußere Ringelung, doch beruht diese dann, abgesehen von den ebenfalls danach benannten Gliedertieren lediglich auf einer Hautfaltung und ist von untergeordneter Bedeutung. Bei den Anneliden dagegen ist die Gliederung etwas durchaus Wesentliches, das einen wichtigen Bestandteil von ihrem Bauplan ausmacht. Dieselbe ist hier auch nicht nur eine äußere. Schneiden wir den Regenwurm der Länge nach auf, so sehen wir, daß seine zwischen Leibeswand und Darm gelegene Leibeshöhle durch Querwände, die sogenannten Dissepimente in eine große Anzahl von Kammern geteilt ist, die der äußeren Gliederung entsprechen. Das genauere Studium des Baues eines solchen Ringelwurmes lehrt, daß sich bei ihm in den einzelnen Gliedern alle wesentlichen Organe in gleicher Weise wiederholen (Abb. 34). Durch sämtliche Glieder oder Segmente geht der Darm hindurch; jedes enthält im Bauchmark ein Zentrum von zusammengelagerten Ganglienzellen, ein Bauchganglion, von dem Nerven nach seinen Organen hinziehen; von dem dorsalen Blutgefäß gehen in jedem Glied Seitengefäße ab, die den Darm umfassen und sich in dem Segment verzweigen; und endlich enthält jedes der Glieder ein Paar Nierenkanälchen, Exkretionsorgane, die eben wegen ihres gleichmäßigen Auftretens in den Segmenten auch Segmentalorgane heißen. Hatten wir bei der radiärsymmetrischen Form vermittle durch die Hauptachse gelegter Symmetrie-Ebenen gleiche Antimeren abteilen können, so ist hier der Tierkörper durch die in Richtung der Hauptachse aufeinander folgende Gliederung in lauter gleiche Abschnitte geteilt, die man im Unterschied zu jenen Metameren nennt. Das Auftreten solcher Metameren, die sonach mit den Segmenten identisch sind, nennt man *Metamerie*. Eine solche ist überall bei den Anneliden durchgeführt, findet sich ebenso bei den von ihnen abstammenden Gliedertieren und ist auch bei den Wirbeltieren überall vorhanden. Wir brauchen nur an die Gliederung der Wirbelsäule in die einzelnen Wirbel zu denken oder an die einzelnen Muskelsegmente, in die z. B. das Fleisch eines gekochten Fisches zerfällt. Hineingekommen in den Bauplan der Tiere ist eine derartige Metamerie wohl in der Weise, daß niedere Würmer als Vorfahren der Ringelwürmer in-

folge ihrer Lebensweise auf dem Boden des Wassers zwischen Geröll und Steinen einen immer länger gestreckten Körper bekamen, was zur Folge hatte, daß gewisse, bis dahin einheitliche innere Organe sich in hinter einander liegende Abschnitte, gliederten, weil auf diesem Wege am besten die Beweglichkeit des langen Leibes gewährleistet wurde. Das war wohl vor allem auch der Fall mit der Hauptstammesmuskulatur, die bei den niederen Würmern mit der Haut vereinigt einen zusammenhängenden, einheitlichen Hautmuskelschlauch bildet, durch dessen Tätigkeit die Hauptbewegungen des Körpers verursacht werden. Indem diese Stammesmuskulatur sich in einzelne Abschnitte gliederte, konnten die aufeinander folgenden Partien des Körpers leichter gegeneinander bewegt werden. Diese Gliederung hat sich dann auch auf die übrigen Organe und schließlich auf den ganzen Körper übertragen. Dazu kommt noch, daß das Auftreten von Organen in mehrfacher Anzahl insofern zweckmäßig ist, als dann eine Verletzung, der Verlust eines Stückes vom Körper weniger schädlich ist, da ja die gleichen Organe im Rest des Körpers in gleicher Weise doch noch vorhanden sind. Einmal erst durch die Notwendigkeit eingeführt, wurde die Metamerie dann wieder als eine nun fest gewordene Eigenschaft durch das erhaltende Prinzip treulich beibehalten. Allerdings nicht immer in der ursprünglichen Form, wo die einzelnen Segmente einander in jeder Beziehung durchaus gleichen, so daß man von einer homonomen Gliederung spricht. Wir finden eine solche vielfach noch bei den Ringelwürmern, aber auch bei Gliedertieren, z. B. bei Tausendfüßern.

**Heteronome Segmentierung. Regionenbildung.** Aber schon innerhalb der Gruppe der Ringelwürmer treten Formen auf, bei denen die gleichartige Gliederung in eine heteronome Segmentierung übergegangen ist (Abb. 37). Wieder im Zusammenhang mit den Anforderungen der Umwelt, indem die betr. Tiere etwa in selbstgebauten Röhren leben, aus denen sie ihren Vorderkörper hervorstrecken, der nun im freien Wasser anderen Bedingungen und Aufgaben unterliegt als etwa der in der Röhre steckende Teil, haben sich einzelne Partien ihres Körpers in besonderer Weise differenziert, so daß man nun an ihm mehrere verschiedene Regionen unterscheiden kann, die in sich selbst homonom gegliedert zu sein pflegen. Bei den Krebsen ist die Regionenbildung mit Ausnahme der einfachsten Formen ziemlich allgemein durchgeführt. Wir können bei vielen derselben einen Kopfabschnitt, einen Brustabschnitt oder Thorax und einen

Hinterleib oder Abdomen unterscheiden. Allerdings treten hier sekundär vielfach Verschmelzungen einzelner ursprünglich freier Körperringel auf, so namentlich am Kopf, der meist auch mit einem, mehreren oder gar allen Segmenten des Thorax zu einer Einheit, dem Cephalothorax verschmolzen ist, wie wir einen solchen immer bei den hoch entwickelten zehnfüßigen Krebsen (Abb. 38—42) treffen, zu denen z. B. der Flußkreb, der Hummer, der Taschen-

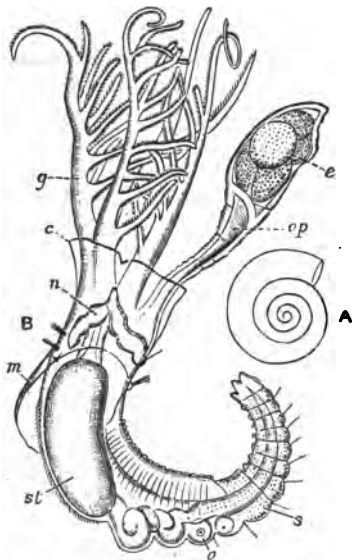


Abb. 37. Ein Röhrenwurm, *Spirorbis* (B) und seine Röhre (A). *c* = Kragenfalte, *g* = Tentakeln, *n* = Exkretionsorgane, *m* = Thorakalmembran, *st* = Magen, *o* = Eier im vorderen Teil, *s* = Samenhmassen im hinteren Teil des Abdomens, *op* = als Verschlussdeckel der Röhre umgebildeter Tentakelarm, der zugleich als Brutraum reife Eier = *e*, umschließt. (Nach Claparède aus Benham.)

kreb, die Krabben gehören. Ganz strikte durchgeführt ist die Regionenbildung bei den Insekten (Abb. 43), bei denen ein aus der Verschmelzung mehrerer Segmente hervorgegangener Kopf; ein aus drei Segmenten bestehender Thorax und ein aus einer größeren Anzahl von Segmenten bestehendes Abdomen vorhanden ist. Die Spinnen besitzen einen Cephalothorax und einen Hinterleib, die Kanker dagegen sogar einen völlig kompakten, einheitlichen Körper; dessen Segmente nicht mehr voneinander getrennt sind. Daß wir es bei solchen ungegliederten Körperpartien und Regionen wirklich mit einer sekundären Bildung zu tun haben, zeigt uns deutlich die individuelle Entwicklung der betr. Tiere. In deren Jugendstadien treten die fraglichen Segmente meist noch frei und unabhängig von einander auf oder werden zum mindesten so angelegt.

Eine Unterteilung des ganzen Körpers in eine noch größere Anzahl von Regionen findet sich bei den meisten Wirbeltieren. Wir unterscheiden bei Kriechtieren, Vögeln, Säugern eine Kopf-, Hals-, Brust-, Rumpf- und Schwanzregion, während der Körper der Fische zum mindesten äußerlich mehr einheitlich erscheint und der der Lurche noch nicht so viele und gewöhnlich auch

noch nicht so deutlich ausgeprägte Regionen zeigt. Wie schon früher erwähnt, erstreckt sich aber die innere Segmentierung bei sämtlichen Wirbeltieren über deren ganzen Körper.

Verschmelzen äußerlich bei den Gliedertieren vielfach Segmente miteinander, so wird sekundär auch oft die Zahl der inneren Organe reduziert. Das ist der Fall bei den Exkretions- und bei den Geschlechtsorganen, welche nur in einem Paar Spermatarien oder Ovarien vorhanden sind. Am deutlichsten kann man die Eigentümlichkeit, daß ursprünglich metamere Organe wieder mehr vereinfacht werden, am Nervensystem verfolgen. Das Bauchmark der Gliedertiere zeigt ganz auffallend die Tendenz, seine Ganglien aus den einzelnen Segmenten, deren Zentren sie sind, nach vorn zusammenzuziehen. So finden sich im Bauchmark der Krebse und Insekten häufig Gruppen von solchen miteinander verschmolzenen Ganglien. Die abgehenden Nerven zeigen durch ihren Verlauf noch an, in welchen Segmenten



Abb. 38. Eine Garnele, Palämon. Freischwimmende Krebsform. Lang, schlank. Original.



Abb. 39. *Ibacus ciliaris*. Typische Bodenform eines Krebses. Nicht nur der Kopfbrustschild, sondern auch die vorderen Körperanhänge sind abgeplattet. Original.





Abb. 40. Froschkrabbe, *Ranina serrata*. Bei den Krabben und Verwandten ist das Abdomen ganz klein und rudimentär im Gegensatz zu den langschwänzigen Formen der Zehnfüßerkrebse (vgl. Abb. 38). Wie dort auch hier das 1. Schreitfußpaar mit starken Scheren bewaffnet. Original.

die betr. Ganglien einst lagen. Bei den Larven der Insekten sind die Bauchganglien meist noch in den zugehörigen Segmenten zu finden. Nach der Metamorphose zeigt sich dann der definitive Zustand (Abb. 44).

**Gliedmaßen.** Bei den Gliedertieren finden wir ebenso wie bei den Wirbeltieren als einen festen Bestandteil des Bauplanes besondere Organe zur Fortbewegung des Körpers in Gestalt der *Gliedmaßen*. Zum mindesten die Gliedmaßen der Gliedertiere leiten sich her von Fortbewegungsorganen, welche bei den Vorfahren dieser Tiere, den Ringelwürmern, in noch viel einfacherer Form anzutreffen



Abb. 41. *Egeria herbsti*. Krabbe, bei der das scherentragende 1. Schreitfußpaar kürzer als die folgenden Paare ist. Hautpanzer glatt. Original.

sind. Die im Meere lebenden Borstenwürmer haben an den Seiten jedes einzelnen ihrer Segmente ein sogenanntes Parapodium, einen Fußstummel (Abb. 45) der aus einer Vortreibung der Leibes-



Abb. 42. *Lambrus mediterraneus*. Krabbe, bei der das scherentragende 1. Schreitfußpaar viel länger und stärker als die folgenden Paare ist. Hautpanzer mit Dornen und Stacheln bewehrt. Auf der linken Schere eine Koralle aufgewachsen. Original.

wand besteht und in zwei Äste ausläuft, welche mit Bündeln von bei den einzelnen Gattungen verschieden gestalteten Borsten versehen sind. Die einfachste Fußform der Gliedertiere, wie sie

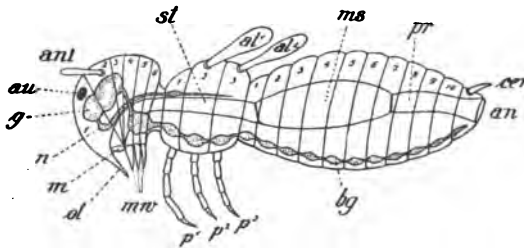


Abb. 43. Schematische Darstellung der Gliederung des Insektenkörpers. *d* = Oberlippe, *m* = Mund, *g* = Gehirn, *au* = Auge, *ant* = Fühler, *st* = Anfangsdarm, *ms* = Mitteldarm, *pr* = Enddarm, *an* = After, *cer* = Cirren, *mw* = Mundwerkzeuge, *bg* = Bauchmark, *al* = Flügel, *p* = Extremitäten. Die Segmente des Kopfes, der Brust und des Hinterleibes numeriert. (Nach Berlese aus Heider.)

vor allem bei den niederen Krebsen, aber in einzelnen Körperregionen auch der höheren Krebse und ganz allgemein bei den Entwicklungsstadien sämtlicher Krebse auftritt, ist der sogenannte

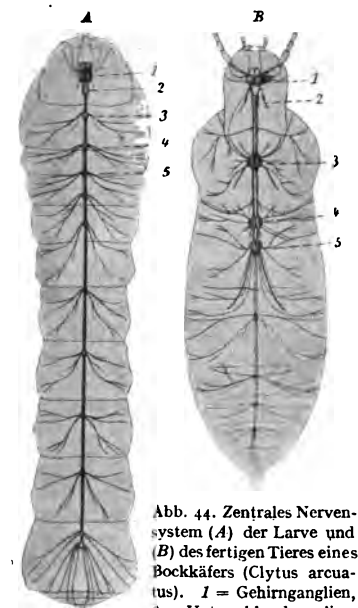


Abb. 44. Zentrales Nervensystem (A) der Larve und (B) des fertigen Tieres eines Bockkäfers (*Clytus arcuatus*). 1 = Gehirnganglien, 2 = Unterschlundganglien, 3—5 = Ganglien der drei ersten Körperringel.  
(Aus Hesse - Doflein.)



Abb. 45. Fußstummel, Parapodium, eines Borstenwurmes, *Nereis pelagica*. (Nach Kükenenthal aus v. Hanstein.)

Spaltfuß (Abb. 46), der mit seinem an einem einfachen basalen Abschnitt sitzenden Außen- und Innenast noch deutlich seine Herkunft von jenen Parapodien verrät. Sämtliche andersgestaltete Extremitäten der Krebse sind durch Umwandlung aus solchen Spaltfüßen hervorgegangen. Wieder sehen wir, wie im Zusammenhang mit der Umwelt aus der Notwendigkeit heraus, sich bei der Ortsbewegung besser am Boden und der Umgebung abstoßen oder mit einem Teile des langen Wurmkörpers festhalten zu können, zuerst jene noch recht einfach gebauten Fußstummel entstanden, die aus irgendeinem nicht mehr erkenntlichen Grunde zweiästig wurden, wie dann das erhaltende Prinzip im lebenden Organismus das einmal Geschaffene beizubehalten sucht, indem bei den Gliedertieren zunächst auch wieder zweiästige Spaltfüße auftreten und nur allmählich eine Umbildung derselben erfolgt, bis wir bei den Insekten ganz bestimmt gegliederte Beine antreffen, die nur noch den einen jener Äste repräsentieren (Abb. 47). Aber gewissermaßen als Erinnerung an den ursprünglichen Zustand treten Spaltfüße in den Entwicklungsstadien selbst der hochstehenden zehn-

füßigen Krebse noch allgemein auf, die dann allerdings meist durch an die besonderen Zwecke der betr. Region angepaßte Umbildungen ersetzt werden. Entsprechend der hohen Segmentzahl der Krebse ist die Zahl der Extremitäten bei ihnen eine ziemlich große. Auch hier zeigt sich abermals die Tendenz, die Zahl zu reduzieren, wie bei den Segmenten oder den Bauchganglien. Bei manchen „Tausendfüßern“ geht die Zahl der Beine zwar noch in die Hunderte, bei den Spinnen sind es jedoch nur noch acht, bei den Insekten immer nur sechs. Aber auch in diesen Fällen können wir aus der Entwicklung den ursprünglichen Bauplan erkennen, indem bei den Spinnen drei weitere Extremitätenpaare am Abdomen zwar angelegt werden, sich dann aber zu den Spinnwarzen umwandeln. Selbst dieses scheinbar merkwürdige Verhalten ist im Bauplan begründet, denn bereits in den Parapodialästen der Borstenwürmer finden sich weit verbreitet Drüsen, mit deren Sekret diese Tiere ihre Röhren anzu-

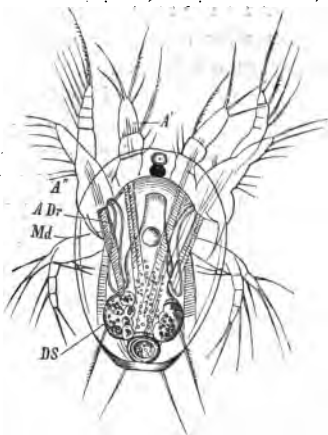


Abb. 46. Die typische Krebslarve Nauplius v. *Cyclops albidus*. A' A'' 1. und 2. Antenne, Md = Mandibel, ADr = Antennen-drüse, DS = Darmaussackungen. (Nach Claus - Grobben.)



Abb. 47. Beine verschiedener Insekten: a = Maulwurfsgrille, b = Fangheuschrecke, c = Laufkäfer, d = Honigbiene, e = Heuschrecke, f = Schwimmkäfer. (Nach v. Hanstein.)

fertigen, zu „spinnen“ pflegen. Bei den Insekten vollends sehen wir an den Jugendstadien nicht selten den ursprünglicheren Zustand in dem Auftreten einer größeren Zahl von Extremitäten. Es sei nur an die zahlreichen Beinpaare der meisten Schmetterlingsraupen oder an die noch größere Beinzahl der Afterraupen der Blattwespen erinnert.

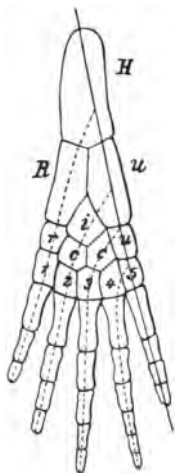


Abb. 48. Schema der vorderen Extremität d. Wirbeltiere. *H* = Oberarmknochen, *R* = Speiche, *U* = Elle, *r* = Radiale, *u* = Ulnare, *i* = Intermedium, *c* = Centralia, *1–5* = Carpalia, *r–5* bilden die Handwurzelknochen, die nächste Reihe von Knochen sind die Mittelhandknochen, an die sich endlich die Fingerknochen anschließen. (Nach Gegenbaur aus Schimkewitsch.)

Die Extremitäten der Wirbeltiere scheinen unabhängig von den Gliedmaßen der Gliedertiere entstanden zu sein. Sie sind wohl selbständige Bildungen, welche erst innerhalb des sich entwickelnden Wirbeltierstammes in Anpassung an die Forderungen der Umwelt erworben wurden. Immer treten sie in der Vierzahl auf, soweit sie nicht sekundär wieder verloren gegangen sind wie bei den Schlangen. Bei den Fischen sind sie in Gestalt der Brust- und Bauchflossen in ihrem Aufbau gewissermaßen noch etwas unbestimmt, nicht so fest umrissen. Sie stellen von Knochenteilen gestützte breite Ruderflächen dar, welche gegen das umgebende Wasser zu wirken haben. Sie dienen hier weniger als kräftige Fortbewegungsorgane als mehr als Steuer und zur Erhaltung der Balance, während die aus einem Hautsaum hervorgegangene Schwanzflosse, die nichts mit den Extremitäten zu tun hat, das Hauptfortbewegungsmittel ist. Die Gliedmaßen aller übrigen Wirbeltiere dagegen sind streng nach einem einheitlichen Bauplan gebaut, wie sich vor allem an dem ja hier vorhandenen inneren Skelett darstellen läßt (Abb. 48). Nicht nur daß hier immer ein Oberarm bez. Oberschenkel, ein Unterarm bez. Unterschenkel und eine Hand bez. ein Fuß zu unterscheiden sind, vielmehr treffen wir regelmäßig im Innern dieser Abschnitte an Skeletteilen in Gestalt von Knochen an: einen Oberarm- bez. Oberschenkelknochen,

zwei Knochen für Unterarm bez. Unterschenkel, mehrere Knochen für die Hand- bez. Fußwurzel, für die Mittelhand, bez. den Mittelfuß und endlich ebenso für die Finger bez. Zehen, die übrigens so oft in der Fünzfzahl auftreten, oder sich als bestimmte

Teile einer einst fünfzehigen Gliedmaße auffassen lassen, daß man allen Grund dafür hat, die fünfzehige Extremität als die typische Form für die Wirbeltiere anzunehmen. Es entspricht nur der überaus großen Anpassungsfähigkeit des tierischen Organismus an die wechselnden Bedingungen, welchen derselbe im Verkehr mit seiner Umwelt ausgesetzt ist, wenn auch hier wieder mannigfach von dem Grundschema abgewichen wird, indem ab und an sekundäre Verschmelzungen, Rückbildungen usw. einzelner Teile

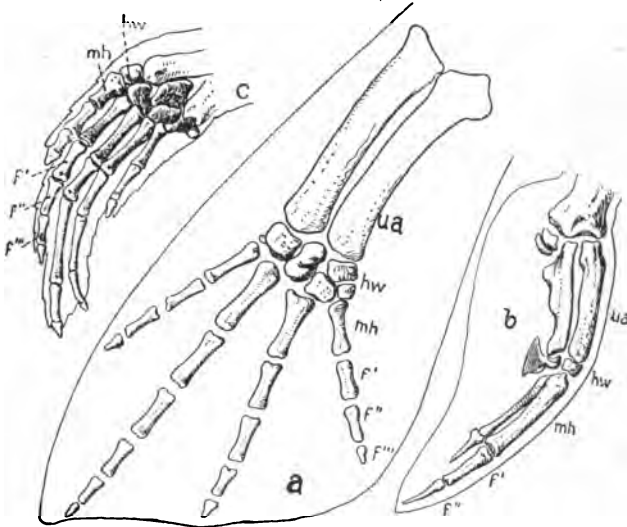


Abb. 49. Vordergliedmaßen eines Wales (a), eines Pinguins (b) und einer Karettschildkröte (c) mit eingezeichnetem Skelett. *ua* = Unterarm, *hw* = Handwurzel, *mh* = Mittelhand, *f*, *f'*, *f''*, *f'''* Fingerglieder. (Nach v. Hanstein.)

zu verzeichnen sind (Abb. 49). Aber die Entwicklung lehrt in den meisten Fällen auch hier, daß solche Abänderungen des Typus, die wir am erwachsenen Stadium sehen, in der Jugend oft noch nicht vorhanden sind. Trotz aller äußeren Verschiedenheit, wie sie sich etwa im Bein eines Säugers und dem eines Vogels kundgibt, oder vollends in dem Arm des Menschen und dem Flügel eines Vogels, ist doch der einheitliche Bauplan in seinen Grundzügen auch in solchen scheinbar recht weit auseinander liegenden Bildungen durchaus gewahrt. Die Übereinstimmung im Bauplan zeigt sich auch an den Skeletteilen, welche die Ansatzstellen der

äußeren Gliedmaßen mit der Hauptskelettachse, der Wirbelsäule verbinden und so zur Festigung des Körpers in seinen einzelnen Teilen beitragen. Von den Lurchen an bis zu den Säugern setzen sich sowohl der Schultergürtel wie der Beckengürtel aus je drei Knochenpaaren zusammen. Am ersteren unterscheiden wir auf jeder Seite ein dorsal gerichtetes Schulterblatt und ein ventral gerichtetes Schlüssel- sowie Rabenschnabelbein, welches letztere meist durch das unpaare Brustbein verbunden werden. Am Beckengürtel dagegen finden sich jederseits ein Darmbein, ein Steißbein und ein Schambein. Selbst bei den Fischen sind schon Knochenteile vorhanden, welche als eine Vorstufe dieser bestimmt gebauten Schulter- bez. Beckengürtel angesehen werden können. Bei den verschiedenen Gruppen der Wirbeltiere treten auch hier wieder sekundäre Reduktionen einzelner Knochenteile auf. Um nur ein Beispiel zu erwähnen: beim Menschen ist das Rabenschnabelbein nur noch ein kleiner Fortsatz am Schulterblatt, nach dessen Gestalt dieser Knochen allgemein seinen Namen erhalten hat.

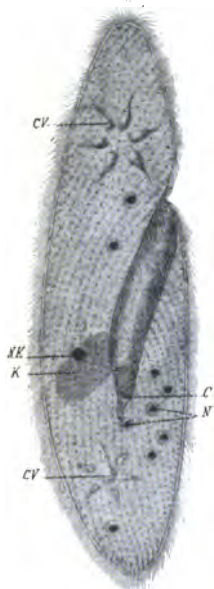


Abb. 50. Pantoffeltierchen, *Paramecium caudatum*. *K* = Kern, *NK* = Nebenkern, *N* = Nahrungsvakuolen, *C* = Zellmund, *CV* = kontraktile Vakuolen. (Nach Doflein.)

#### g) Die asymmetrische Form.

Während bei den bisher besprochenen Bauplänen stets bestimmte Symmetrieverhältnisse wesentlich waren, gibt es nun auch Tiergruppen, bei denen der Körper asymmetrisch ist, d. h. es läßt sich durch ihn in keiner einzigen Richtung eine Ebene legen, durch welche er in zwei gleiche Hälften geteilt würde. Solche *Asymmetrie* findet sich bereits bei zahlreichen Einzellern, indem ein zum Zellenmund führendes Peristomfeld oder eine adorale Wimperspirale vorhanden sind, welche die Symmetrie des sonst meist regelmäßig gebauten Körpers stören (Abbildung 50). Eine solche Zone in der Umgebung

des Zellmundes, die einen besonderen Wasserstrudel erzeugt, verdankt ihr Vorhandensein wohl dem Umstande, daß durch ihre Tätigkeit zugleich eine größere Menge von Nahrung herbeigeführt, in manchen Fällen vielleicht auch festgehalten wird (Abb. 51). Neben solchen in ihren übrigen Teilen noch ziemlich symmetrischen Proto-

zoen kommen nun aber auch Formen vor, deren Asymmetrie von vornherein auffällt. Am häufigsten treffen wir asymmetrische Formen bei den Weichtieren an, wenn sie vereinzelt auch in

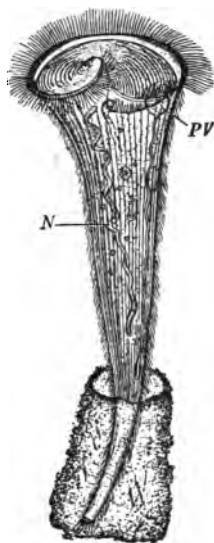


Abb. 51. Trompetentierchen, *Stentor roeseli*. *N* = Kern, *PV* = kontraktile Vakuole. (Nach Stein aus Lang.)



Abb. 52. Herzmuschel, *Cardium ventricosum*. Original.

allen anderen Gruppen der Metazoen vorkommen. Unter den sonst meist mit zwei symmetrisch ausgebildeten Schalen versehenen Muscheln (Abb. 52) sind es namentlich am Untergrund festgeheftete

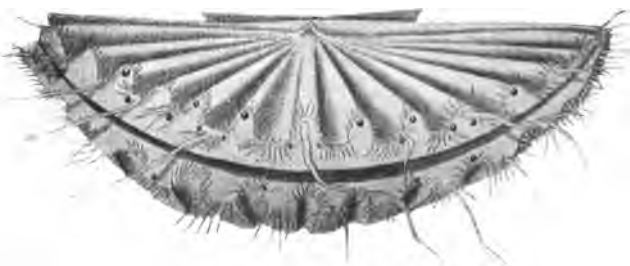


Abb. 53. Pilgermuschel, *Pecten jacobaeus*. Der Mantelrand mit zahlreichen Tentakeln und Augen. (Nach Leuckart und Nitsche aus Hescheler.)



Arten, deren Lebensweise eine Ungleichheit der beiden Schalen herbeigeführt hat. So sehen wir bei der Auster und bei der Kamm- oder Pilgermuschel (Abb. 53) die eine Schale stärker gewölbt als die nun gleichsam als Deckel wirkende andere. Die beiden Schalenhälften entsprechen ja der rechten und linken Seite der Muschel, deren innere Organe auf solche Weise also in den erwähnten Fällen nun ebenfalls asymmetrisch verschoben erscheinen. Noch ausgeprägter ist die Asymmetrie bei den meisten Schnecken (Abb. 54). Der Eingeweidesack ist bei diesen Tieren meist zu einem langen Blindsack ausgezogen, der die Schnecke in der Bewegung nicht nur hindern, sondern selbst äußerst leicht Verletzungen ausgesetzt sein



Abb. 54. Gehäuse von Turritella, Turmschnecke und Vermetus, Wurmschnecke. Original.

würde, wenn er nicht spiralig aufgerollt wäre, wobei ihn gleichzeitig die ausgeschiedene feste Kalkschale schützt. Das gewundene Schneckenhaus ist aber trotz dieser Asymmetrie stets so gelagert, daß beide Hälften des Tieres gleichmäßig belastet sind.

Zeigen die Schnecken schon äußerlich deutlich sichtbar eine auffällige Symmetrie, so sind noch viel häufiger die Fälle, wo Tierformen äußerlich zwar symmetrisch erscheinen, in Bezug auf ihren inneren Bau, die Lagerung ihrer inneren Organe jedoch asymmetrisch sind. Man denke nur an das mit seiner Spitze nach links verschobene Herz der höheren Wirbeltiere. Eine solche *innere Asymmetrie* ist ohne weiteres überall da vorhanden, wo der Darmkanal länger als der Körper ist und sich infolgedessen in Windungen gelegt hat. Der Magen, die Leber der Wirbeltiere sind asymmetrisch gelagert. Die Asymmetrie des Darmes beeinflusst

dann oft auch die Lage anderer Organe, z. B. der Milz. Schließlich ist es auch das Anwachsen mancher paariger, ursprünglich symmetrisch gelegener Organe, welches dieselben zwingt, sich gegenseitig zu verschieben. So sind die Nieren und auch die Keimstöcke der Vögel und Säuger oft gegeneinander verschoben, bei den weiblichen Vögeln die Eierstöcke und Eileiter sogar nur auf der linken Seite ausgebildet.

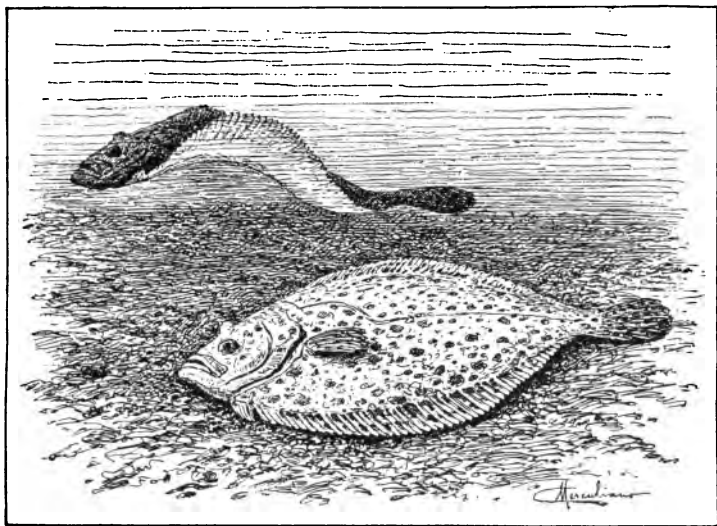


Abb. 55. Steinbutt, *Rhombus maximus*, vorn am Boden liegend, im Hintergrund schwimmend. (Aus Hesse - Dofflein.)

Daß innerhalb einer Gruppe äußerlich sonst symmetrisch gebauter Tiere die besondere Lebensweise, d. h. die Anpassung an spezielle Bedingungen der Umwelt sekundär eine Asymmetrie herbeiführen kann, zeigen die Plattfische, zu denen Schollen, Flunder, Seezunge, Steinbutt u. a. (Abb. 55 und 56) gehören, die in der Jugend noch wie andere Fische einen symmetrischen Körper besitzen, sich dann aber als Bodenformen auf die eine Seite zu legen pflegen, womit namentlich an ihrem Kopf eine starke Verlagerung der Organe einhergeht, indem die Maulspalte sich dreht, so daß sie wieder einigermaßen horizontal gestellt ist, und indem das Auge der nun nach unten gekehrten Seite nach der oberen wandert, Verschiebungen, die natürlich nur unter beträcht-

lichen Lage- und Gestaltveränderungen der umliegenden Schädelknochen möglich sind. Auch von den Wirbellosen sei ein Beispiel angeführt. Die Einsiedlerkrebse unter den zehnfüßigen Krebsen benutzen leere Schneckengehäuse zur Bergung ihres nur mit einer dünnen Haut versehenen Hinterleibes und haben sich so an die Asym-

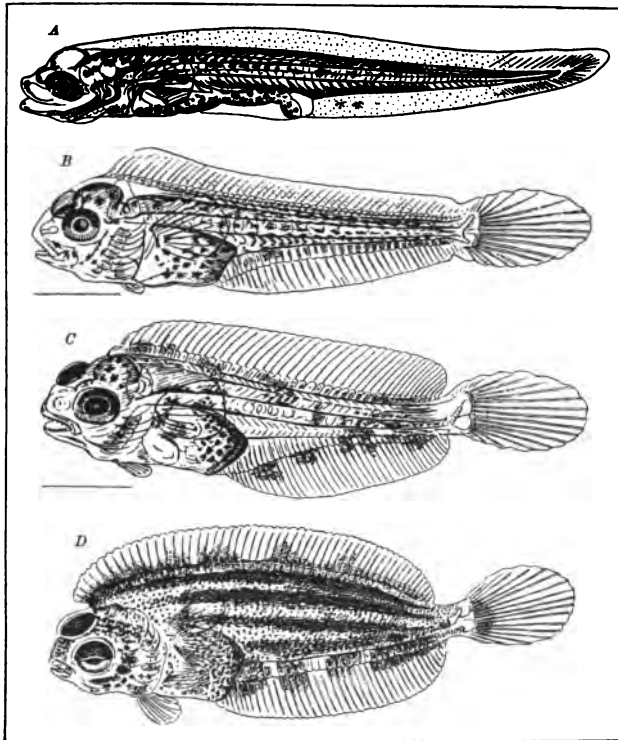


Abb. 56. Entwicklungsstadien einer Scholle. A = symmetrisches Stadium 6 Tage nach dem Ausschlüpfen, B—D zeigen das allmähliche Hinüberwandern des rechten Auges auf die linke Seite, das bei D vollendet ist. (Nach Agassiz aus Hesse - Doflein.)

metrie dieser Schalen angepaßt, daß ihr Abdomen und ihre Gliedmaßen asymmetrisch geworden sind (Abb. 57, 58). Es ist übrigens auch unter den freilebenden höheren Krebsen keine Seltenheit, daß Gliedmaßen sich nach dem von der Umwelt vorgeschriebenen Bedarf ungleich ausbilden. Bei vielen zehnfüßigen Krebsen finden

wir die eine der beiden großen Scheren des ersten Schreitfußpaares auffallend vergrößert, zum Ergreifen und Festhalten der Beute eingerichtet, während die entsprechende Schere der anderen Körperseite oft bedeutend kleiner ist und zum Abreißen und Abzupfen der Nahrungsbrocken benutzt wird (Abb. 59 und 60).

#### h) Sekundäre und tertiäre Formen.

Wir haben schon mannigfach gesehen, wie durch die Verhältnisse der Umwelt bedingt sich Abänderungen und Modifikationen des Bauplanes einstellen. Es kommt nun aber sogar auch vor, daß die einem Bauplan zugrunde liegende Grundform sekundär durch eine andere verdrängt wird. So ist die radiäre Symmetrie der Anthozoen eigentlich nur eine äußerliche. Infolge ihrer ungeschlechtlichen Vermehrung durch Knospung und der damit zusammenhängenden Stockbildung hat sich der Körper dieser Tiere im Innern bilateral-symmetrisch gestaltet. Es liegt hier also ein Fall von sekundärer Bilateralsymmetrie vor.

Die Stachelhäuter wiederum erscheinen fünfstrahlig radiär-symmetrisch. Ihre Larven aber, die als



Abb. 57. Einsiedlerkrebs, Pagurus, in der Schale einer Schnecke. Original.



Abb. 58. Palmendieb, Birgus latro. Aufs Land gehender, nicht in Schnecken schalen lebender, daher symmetrisch gebauter Verwandter der Einsiedlerkrebse. Original.

Pluteus, Aurikularia und Bipinnaria bekannten Jugendstadien (Abb. 61—63) sind bilateral-symmetrisch und zeigen damit an, daß der ursprüngliche Bauplan bilateral war. Es ist aller Grund dafür



Abb. 59. Schwimmkrabbe, Portunus. Letztes Schreitfußpaar mit ruderförmig verbreiterten Endgliedern. Hautpanzer glatt. Original.

vorhanden, daß die Vorfahren der meisten der heute lebenden Stachelhäuter bilateral-symmetrische Tiere gewesen sind, die eine festsitzende Lebensweise begannen und im Zusammenhang damit die, wie wir bereits sahen, besonders dafür geeignete radiäre Form erwarben (Abb. 64), die Form, welche wir heute noch bei



Abb. 60. Parthenope horrida. Eine Krabbe mit äußerst stark bedornem und bestacheltem Hautpanzer. Rechte Schere wesentlich stärker als die linke. Original.

den Seeigeln und Seesternen antreffen, ist somit eine sekundäre Radiärsymmetrie (Abb. 65—68). Da ist es dann besonders inter-

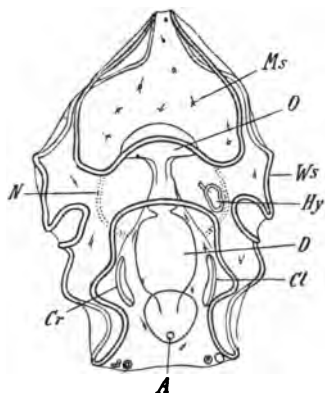


Abb. 61. Aurikularialarve einer Seewalze, *Synapta*. *Ws* = Wimpernschnur, *O* = Mund, *D* = Darm, *A* = After, *Cr* und *Cl* = Anlage der Leibeshöhle, *Hg* = Anlage des Wassergefäßsystems, *Ms* = Mesenchymzellen, *N* = Anlage des definitiven Nervensystems. (Aus Claus - Grobben.)

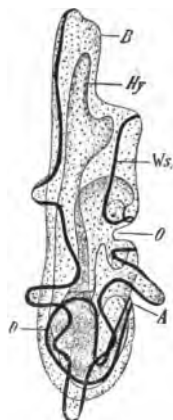


Abb. 62. Bipinnarialarve eines Seesternes, *Asterias vulgaris*, von der Seite. *Ws* = Wimpernschnur, *O* = Mund, *D* = Darm, *A* = After, *Hg* = Anlage des Wassergefäßsystems und der Leibeshöhle, *B* = Larvenfortsatz. (Nach Agassiz aus Claus - Grobben.)

essant, zu beobachten, wie auch diese sekundäre Form abermals durch die Anforderungen der Umwelt geändert werden kann. Es gibt innerhalb der Seeigel eine kleine Gruppe, welche die Irregulären genannt werden. *Spatangus*, *Clypeaster* gehören dahin (Abb. 69—72). Bei ihnen ist nunmehr tertiäre Bilaterie vorhanden. Wenn wir hier einmal mit den

Stachelhäutern beschäftigt sind, so soll es nicht unerwähnt bleiben, daß im Gegensatz zu der echten Metamerie, die sich auf die in der Hauptachse liegenden Körperabschnitte be-

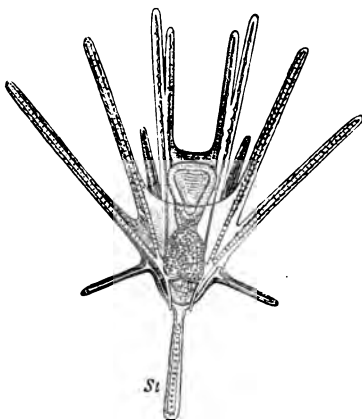


Abb. 63. Pluteuslarve eines Seeigels (*Spatangiden*). (Nach J. Müller aus Claus - Grobben.)



Abb. 64. Seelilien, *Metacrinus rotundus* (aus dem Japanischen Meer).  
(Nach Doflein.)

zieht, auch eine andere Metamerie auftreten kann, die wir besonders schön bei den Seesternen (Abb. 73—78) und Schlangen-

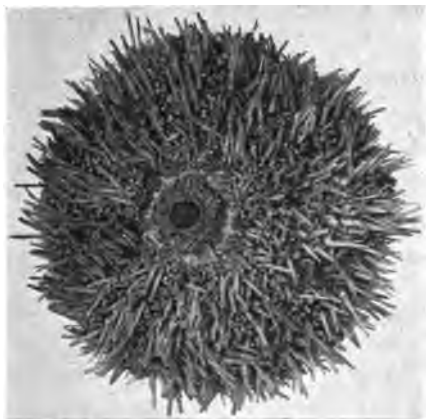


Abb. 65. Eßbarer Seeigel, *Echinus esculentus*. Von der Mundseite. Zwischen den Stacheln die 10 Saugfüßchenreihen. Im Zentrum die Mundöffnung. Original.

sternen (Abb. 79 und 80) beobachten können. Hier sind die in den Nebenachsen liegenden Arme metamer gegliedert, indem sich



Abb. 66 wie Abb. 65. Der Stacheln beraubt und von der Dorsalseite. Die Tuberkeln, auf denen die Stacheln eingelenkt waren, treten deutlich hervor, ebenso die 10 Plattenreihen des Kalkpanzers mit den Löchern für den Durchtritt der Saugfüßchen. Original.

in ihnen von der Basis nach der Spitze zu in stets gleicher Weise namentlich die kalkigen Skelettstücke oftmals wiederholen.





Abb. 67. *Acrocladia trigonaria*, ein Seeigel mit besonders langen und dicken keulenförmigen Stacheln. Original.



Abb. 68. *Cidaris thouarsi*. Original.



**Abb. 69.** *Clypeaster spec.*, ein unregelmäßiger Seeigel. Die blumenblattförmige fünfblättrige Rosette mit den Lochreihen für die Saugfüßchen besonders deutlich. Original.



**Abb. 70.** *Brissus atratus*, ein unregelmäßiger Seeigel, dessen Mund an den vorderen Rand der Schale gerückt ist. Rosette der Saugfüßchenreihen vierblättrig. Original.



Abb. 71. *Rotula rumphii*, stark abgeflachter unregelmäßiger Seeigel. Hintere Hälfte der annähernd kreisrunden Schale mit Einschnitten. Original.



Abb. 72. *Encope emarginata*, stark abgeflachter unregelmäßiger Seeigel mit Einschnitten am Schalenrand, deren Ränder teilweise wieder miteinander verschmolzen sind. Original.



Abb. 73. Archaster, ein fünfstrahliger Seestern. Original.



Abb. 74. Anomale Einzelindividuen von sonst normalerweise fünfstrahligen Seesternarten. Original.



Abb. 75. *Oreaster reticulatus*. Die Kalkplatten des Hautskeletts bilden ein großmaschiges Netzwerk. Original.



Abb. 76. *Solaster papposus*, ein normalerweise elf- bis vierzehnstrahliger Seestern. Original.



Abb. 77. *Crossaster solaris*, vierzehnstrahliger Seestern mit langen Stacheln.  
Original.



Abb. 78. *Culcita coriacea*, Seestern mit dickem, fünfseitigem Körper und  
äußerst verkürzten, sehr breiten Armen. Original.

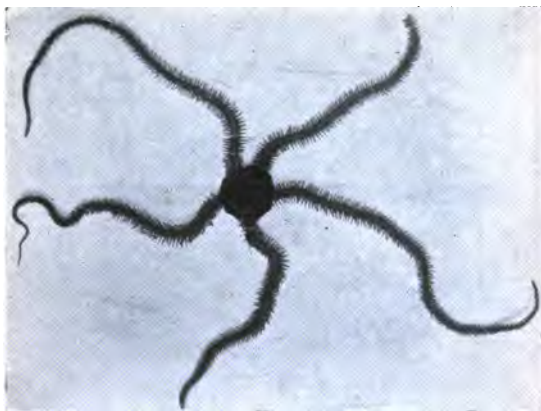


Abb. 79. *Ophiocoma scolopendrina*, ein Schlangenster. Original.

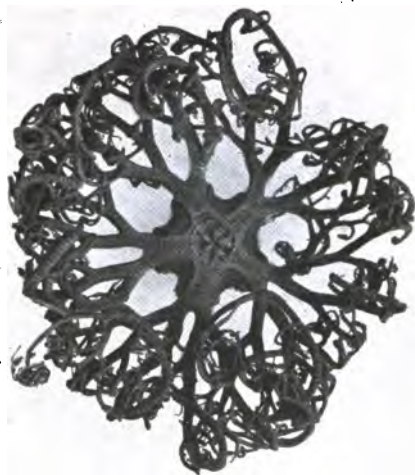


Abb. 80. *Astrophyton verrucosum*, Gorgonenhaupt für Schlangenster mit baumförmig verzweigten Armen. Original.

## II.

### Anpassungen des Bauplanes an eine besondere Umwelt.

#### a) Das Wasser als umgebendes Medium.

Wie die Umwelt den Bauplan beeinflusst, läßt sich am markantesten wohl an solchen Tieren zeigen, die im Wasser leben, und an solchen, welche es verstanden haben, das Luftmeer für sich zu erobern. In beiden Fällen handelt es sich um eine Anpassung an ein Leben in einem nach allen Seiten hin gleichartigen Medium. Und trotzdem sind die Bedingungen, die sich dabei für den Organismus ergeben, beide Male ganz andere. Das hat zwei verschiedene Ursachen. Einmal rührt es her von dem großen Unterschied in der Beschaffenheit dieses äußeren Mediums. Das Wasser ist spezifisch viel schwerer als die Luft und zudem besitzen seine Teilchen eine viel größere Konsistenz als die der Luft, so daß es bei weitem schwerer zu durchdringen ist und jeder Ortsbewegung einen viel größeren Widerstand entgegensetzt. Dafür aber trägt es die in ihm flottierenden Körper viel besser als die um so viel leichtere Luft. Die andere Ursache der Verschiedenheit von Wasser- und Lufttieren liegt darin, daß eben wegen der größeren Tragkraft des Wassers viele Wassertiere den Boden nie zu berühren brauchen und ihr ganzes Leben hindurch frei schweben. Das kommt bei sich in die Luft bewegenden Tieren niemals vor. Sie alle sind darauf angewiesen, sich zeitweise auf den Boden niederzulassen, um auszuruhen, meist auch ihre Nahrung zu verzehren, immer aber, um ihre Brut abzusetzen und evtl. auch zu pflegen. So müssen diese Lufttiere außer an die Bedingungen des Luftozeans auch an die des festen Bodens angepaßt sein. Das läßt dann ihren Körper gänzlich verschieden von dem der reinen Wassertiere erscheinen.

Wenn wir von der bereits besprochenen kugeligen oder radiärsymmetrischen Form absehen, welche vielleicht die geeignetsten für freischwebende und sich nicht wesentlich durch eigene Kraft fortbewegende, sondern in der Hauptsache von den Strömungen



des Wassers umhergetriebenen Organismen zu sein scheinen, so ist die Form, welche eine möglichst leichte aktive Ortsbewegung im Wasser gewährleistet, die, welche wir bei den Fischen allgemein als die typische antreffen. Der ganze Körper ist langgestreckt, zeigt überall geschlossene, einheitliche Umrisse, so daß dem Wasser ein möglichst geringer Widerstand entgegengesetzt wird, und ist aus diesem Grunde auch vorn ungefähr ogival abgerundet, nach hinten dagegen mehr in eine Spitze ausgezogen. Es ist wohl kein Zufall, wenn die ständig im Wasser lebenden Säugetiere, die Wale, in ihrem Körperbau genau diese Fischform wiederholen, die sie jenen äußerlich so ähnlich macht, daß der Laie ja direkt von „Wal-fischen“ spricht. Der Kopf ist gewaltig vergrößert; der Hals fast ganz geschwunden, so daß ersterer breit dem hinten zugespitzten Rumpf aufsitzt. Trotz dieser gewaltigen Umformung gegenüber dem Typus der Hauptmenge der Säugetiere zeigt sich doch auch bei diesen Tieren der für die Säuger charakteristische Bauplan so durchaus gewahrt, daß eben ihre Zugehörigkeit zu den Säugetieren nicht dem mindesten Zweifel unterliegen kann. Trotz des Schwundes der hinteren Extremitäten sind doch noch Reste der einstigen Beckenknochen bei den Walen vorhanden.

#### b) Die Luft als umgebendes Medium.

Die Anpassung an das Luftmeer erfordert noch viel weiter gehende Umbildungen des Bauplanes, so daß es auch nur verhältnismäßig wenigen Tiergruppen gelungen ist, sich durch den Flug frei in die Luft zu erheben. Es sind das lediglich die Insekten unter den Wirbellosen und die Fledermäuse sowie Vögel unter den Wirbeltieren. Die vollendetste Anpassung an das Fliegen und Schweben in der Luft finden wir bei den Vögeln. Alle Organe sind bei diesen nach dem Aufhängungspunkt hin zusammengedrängt, so daß der Schwerpunkt diesem möglichst nahekommt. Die schwere Bewaffnung der Kiefer mit Zähnen, wie sie sich sonst bei den Wirbeltieren findet, ist geschwunden und der ebenfalls in der Nähe des Schwerpunktes liegende Kaumagen übernimmt ihre Funktion. Die Muskeln der Beine sind von diesen in die Hauptmasse des Rumpfes hinaufgezogen. Die Lunge hat blindsackartig die Luftsäcke in alle Lücken zwischen den Organen, ja bis in die Höhlungen der auffallend dünnwandigen, aber äußerst festen Röhrenknochen vorgetrieben, die darum pneumatisch genannt werden. Die in der Lunge und diesen ihren Erweiterungen enthaltene Luft liefert während des die Atmung hemmenden Fluges den nötigen

Sauerstoff. Vor allem aber haben sich die einstigen Schuppen der kriechtierartigen Vorfahren der Vögel in die für den Flug so geeigneten Federn umgewandelt, welche zum Teil die leichten und doch eine so große Tragfläche bietenden Armschwingen und das Schwanzsteuer bilden, zum andern Teil aber als ein dichtes Kleid die wärmespeichernde Hülle für den oft dem kalten Luftraum ausgesetzten Körper liefern. Wohl keine Tiergruppe zeigt so überzeugend den Einfluß der Umwelt auf ihren Bauplan wie die der Vögel, deren Vertreter sämtlich so einheitlich gebaut sind, daß niemals ein Zweifel an ihrer Zugehörigkeit zu dieser Klasse aufkommen kann.

Daß die Forderungen der Umwelt aber auch trotz ganz verschiedenartiger Baupläne doch oft Ähnlichkeiten erzeugen, wie wir sie bereits bei Fischen und Walen kennenlernten, kann man nun auch an den mancherlei Übereinstimmungen im Bau der Vögel, der Fledermäuse und sogar der Insekten sehen, soweit es sich um Einrichtungen handelt, die direkt mit dem Flugvermögen in enger Beziehung stehen, obwohl wir es mit ganz verschiedenen Tiergruppen, bei den Insekten gar mit Wirbellosen zu tun haben. Gerade den besten Fliegern unter ihnen ist die Verlagerung der Organe möglichst nach dem Schwerpunkt hin eigen. Das spezifische Gewicht wird bei ihnen verringert durch die auch bei bestfliegenden Fledermäusen entwickelte Pneumatizität der Röhrenknochen, bezgl. durch eine Vergrößerung des Volumens des Trachensystems bei den betr. Insekten.

#### c) Der Einfluß der Umwelt auf einzelne Organe.

So sehen wir also, daß sich der Einfluß der Umwelt nicht nur auf den Bauplan des Gesamtkörpers erstreckt, sondern auch den der einzelnen Organe beeinflusst, und zwar nicht nur, wie es zunächst naturgemäß erscheint, den der äußeren, sondern auch den der inneren. Daß die gleiche Umwelt auch gleichartige Organe schafft, finden wir allenthalben bewahrheitet. Der Schnabel des zu den Säugern gehörenden Schnabeltiers (*Ornithorhynchus*) gleicht etwa einem solchen der Wasservögel, z. B. dem einer Ente, denn er wird ebenso wie jener zum Gründeln benutzt. Auffallend ist die Ähnlichkeit vieler Beuteltiere in ihrem Äußeren, sogar in ihrem Gebiß mit Angehörigen weit über ihnen stehender Säugerfamilien, eine Ähnlichkeit, die durch gleiche Lebensweise hervorgerufen ist. So treffen wir unter den Beuteltieren Formen an, die durchaus an die späteren Insektenfresser, Raubtiere oder Pflanzen-

fresser erinnern. Einige Säuger nähren sich speziell von Ameisen oder Termiten, die sie mit ihrer langen klebrigen Zunge zu erbeuten verstehen, die aus einer röhrenartig vorgezogenen Schnauze hervorstreckt wird. Wir treffen eine solche bei dem zu den Schnabeltieren gehörenden Ameisenigel (*Echidna*) und bei dem verwandtschaftlich ganz weit von jenem entfernten Ameisenbär (*Myrmecophaga*). Einen Schwanz zum Greifen und Festhalten des Körpers besitzen nicht nur gewisse Affen, sondern auch das Seeperfdchen, das aber zu den Fischen gehört. Unzählig sind die Beispiele, die sich für diesen Einfluß der Umwelt auf den Bauplan der Organe anführen lassen.

Die Sinnesorgane als Vermittler zwischen Umwelt und Tierkörper. Es soll hier nur noch kurz auf die Organe eingegangen werden, bei denen dieser Einfluß am natürlichsten erscheint, weil sie dazu bestimmt sind, direkt den Verkehr mit der Außenwelt zu vermitteln. Das sind die *Sinnesorgane* und unter diesen gerade wieder vornehmlich die Sehorgane und die Hörorgane. Es sind nämlich die Tastorgane und ebenso die Organe des chemischen Sinnes, die also Geruch und Geschmack wahrnehmen, verhältnismäßig einfach gebaut, so daß ein ausgesprochener besonderer Bauplan bei ihnen nicht so ins Auge fällt. Tastorgane auf mehr oder weniger weit aus der Körperkontur vorspringenden, meist beweglichen Fortsätzen, Fühlern, Antennen, Tentakeln sind weit verbreitet. Schon bei den Anneliden sind häufig ein oder auch mehrere Paare vorhanden. Von diesen Vorfahren haben sie die Krebse übernommen, bei denen sich immer zwei Paar vielgegliederter Antennen finden. Für den Bauplan der Insekten ist dagegen nun wieder ein Paar Fühler charakteristisch. Bei allen Gliedertieren zum mindesten dienen die Antennen in hohem Maße zugleich als Geruchsorgane, die sowohl nach der Ferne hin wittern können, als auch dazu benutzt werden, die zu prüfenden Gegenstände direkt zu berühren, so daß man von einem Kontaktgeruchssinn spricht. Ganz anders sind die Geruchsorgane der Wirbeltiere gebaut. Bei allen lungenatmenden Formen derselben sind sie in den Anfangsteil der Luftleitungswege eingeschaltet, so daß die zu erneuernde Atemluft an ihnen vorbeistreichen muß und auf solche Weise ständig geprüft wird. Durch absichtliches rasches Einziehen der Luft vermögen diese Tiere auch schnüffelnd zu wittern.

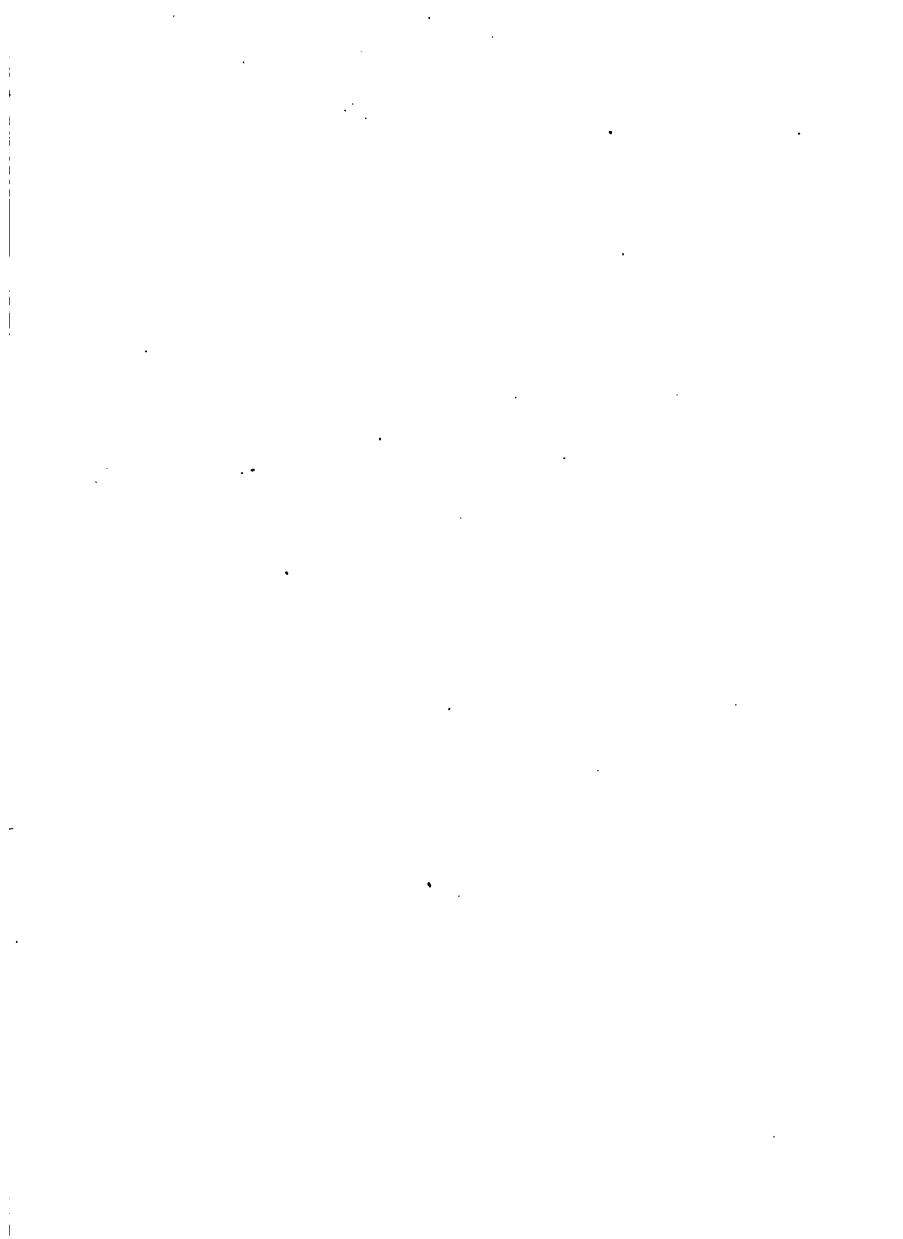
Hervorgegangen aus einfacheren, primitiveren Formen haben sich gerade die leistungsfähigsten Sehorgane nach zwei grund-

verschiedenen Typen entwickelt, nämlich einmal als Kameraaugen, wie sie für sämtliche Wirbeltiere charakteristisch sind, und dann als zusammengesetzte oder Facettenaugen, die wir nur bei den Gliedertieren finden. Beiden Formen liegen zu Grunde durch Pigment vor Seitenlicht geschützte Anhäufungen lichtempfindlicher Sinneszellen, vor denen sich lichtbrechende Elemente gebildet haben, die dann als Linsen und Glaskörper, bezgl. als Cornea und Kristallkegel erscheinen. Die Facettenaugen entstanden aus der Zusammenscharung einer größeren Anzahl noch relativ einfach gebauter Einzelaugen unter entsprechenden Umbildung derselben, wobei nun nicht mehr jedes einzelne dieser jetzt Ommatidien genannten Teilaugen ein ganzes Bild wahrnimmt, sondern die Gesamtheit aller dieser ein einziges zusammenhängendes Bild der Umwelt entstehen läßt. Eine weitere Beeinflussung durch die Umwelt zeigt sich darin, daß die lichtbrechenden Elemente bei den im Wasser lebenden Vertretern der verschiedensten Tierstämme wegen der geringeren Lichtbrechung im Wasser gegenüber der Luft stärker gekrümmt sind als bei den das Land bewohnenden Verwandten.

Eigentliche Hörorgane finden wir außer bei den höheren Wirbeltieren nur bei wenigen Insekten. Bei letzteren sind sie entstanden aus bei Insekten weiter verbreiteten Organen, die man neuerdings seismische genannt hat, weil bei ihnen quer durch Körperhölräume gespannte Sinneszellen die Wahrnehmung der feinsten Erschütterungen der Unterlage vermitteln. Zufällig in der Nähe solcher Chordotonalorgane liegende Tracheen übertrugen wohl gelegentlich Erschütterungen der Luft, wie sie in Gestalt von Schallwellen auftreten, auf dieselben, und so haben sich bei den Geradflüglern vornehmlich sogenannte tympanale Hörorgane entwickelt, charakterisiert durch eine den betreffenden Tracheenhohlraum abschließende trommelfellartige Bildung. Entsprechend ihrer Herkunft von seismischen Organen, die meist in den Beinen der Insekten liegen, finden sich die Hörorgane bei den Laubheuschrecken in der Schiene der Vorderbeine. Bei den Feldheuschrecken sind sie an die Seite des 1. Hinterleibssegmentes hinaufgerückt. Das Hörorgan der Wirbeltiere steht in enger räumlicher und genetischer Beziehung zu dem Gleichgewichtsorgan, wobei der Rest einer ehemaligen Kiemenspalte, die von dem Trommelfell überspannte Paukenhöhle mit einem oder drei Hörknöchelchen einen schallübertragenden, sekundär hinzugetretenen Hilfsapparat darstellt.

Die beiden Organe, Auge und Ohr zeigen uns besonders deutlich, wie der einmal erworbene Bauplan eines solchen speziellen Gebildes über weite Gruppen von Tieren hinweg trotz verschiedener Lebensweise beibehalten wird, und wie ihn die Forderungen der Umwelt dabei gleichzeitig doch den jeweiligen Lebensverhältnissen entsprechend ummodelln. Wie dies hier im Kleinen mit einzelnen Organen der Fall ist, so verhält es sich auch, wie wir sahen, im Großen mit dem Gesamtbauplan eines Tieres.

---



UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY,  
BERKELEY

**THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE  
STAMPED BELOW**

Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to \$1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.

SEP 6 1930

U. C. BERKELEY LIBRARIES



C045804513

525157

QL705  
H7

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

